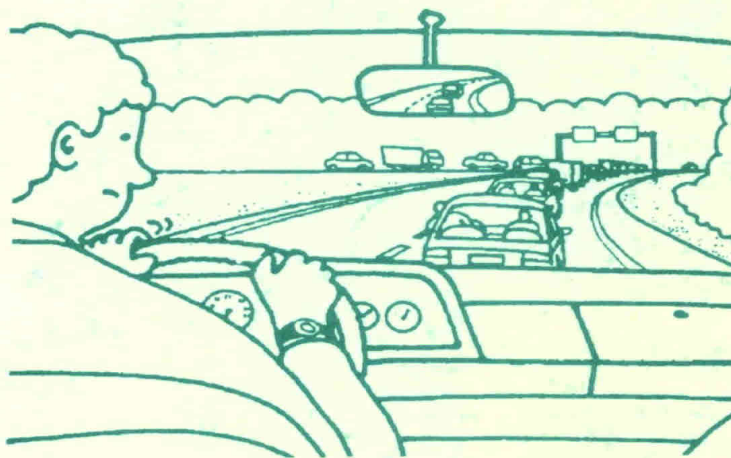
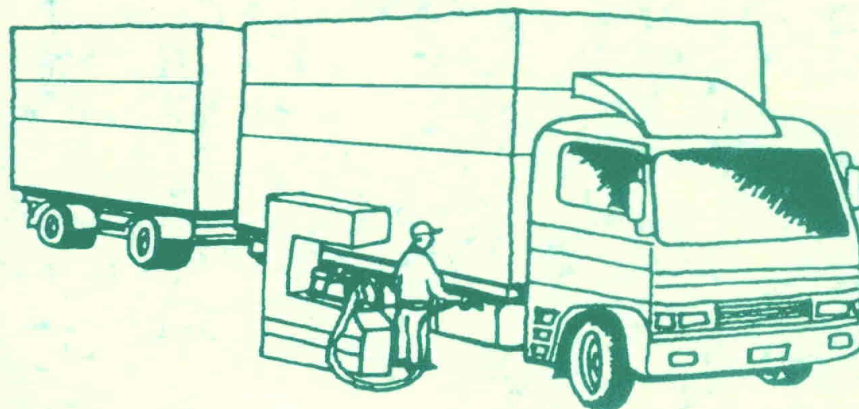




Tielaitos

Tieliikenteen ajokustannukset 1990



Helsinki 1990

Tiehallitus

08 TIEH/T



Tielaitos

Tiehallituksen kirjasto

Doknro: 910265

Nidenro: 910273

Tieliikenteen ajokustannukset 1990

Tielaitos
Tiehallitus

Helsinki 1990

ISBN 951-47-2738-X
TIEL 703614-90
HL-Paino Oy
Helsinki 1990

Julkaisua myy:
Tiehallituksen lomakevarasto

Tielaitos
Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 1541

PÄIVÄYS
5.10.1990

VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA

VOIMASSA
-toistaiseksi

KORVAA

KOHDISTUVUUS

TIEH X ALUEHALLINTO X MUU VALT.HALLINTO ULKOPUOLISET


TIELIIKENTEE AJOKUSTANNUKSET 1990 (TIEL 703614-90)

Tieliikenteen ajokustannukset 1990 -julkaisu on laadittu ensisijaisesti tielaitoksen sisäiseen käyttöön. Julkaisu sisältää ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot lyhyine perusteluineen sekä kustannusten laskentamenetelmät lähinnä hanketarkasteluja varten. Tarkastelunäkökulma on yhteiskuntataloudellinen (ei yksityistaloudellinen).

Ajokustannusten uudet laskentaperusteet on hyväksytty tielaitoksen johtokunnassa 20.8.1990. Ajokustannusten uusia yksikköarvoja on käytettävä siten kaikissa tehtävissä liikennetaloudellisuustarkasteluissa. Myös aikaisemmin laadittujen suunnitelmien kustannuslaskelmia voidaan joutua uusimaan päätöksenteon sitä vaatiessa.

Tiehankkeiden ajokustannuslaskelmat ovat usein rajoittuneet vain tien pääsuunnan tarkasteluun (linjatarkastelu). Liikennetaloudellisten laskelmien tekeminen oikein vaatii kuitenkin tieverkollisen tarkastelun, jossa verkon rajauksella voidaan ottaa huomioon ajokustannusten muutokset myös poikittaisilla yhteyksillä ja liittymissä. Tässä julkaisussa esitettyä yksinkertaistettua laskentamenetelmää voidaan soveltaa toistaiseksi tavanomaisimmissa tapauksissa. Ajokustannusten aiempiin yksikköhintoihin perustuvat laskentamenetelmät (esim. IS-12 ohjelma) eivät ole enää käyttökelpoisia.

Apulaisjohtaja


Pauli Velhonoja

Dipl.insinööri


Pentti O. Karvonen

LISÄTIETOJA

Jukka Ristikartano
Tiehallitus/Kehittämiskeskus
p. 90-1542341

LISÄJAKELU

Tiehallitus
Lomakevarasto
PL 33, 00521 Helsinki

TIEDOKSI:

Pääjohtaja

Ylijohtaja

S, T, E

S-vastuualueet

Ohjekokoelma

TIEH:n kirjasto

Liikenneministeriö

Muut erillisen luettelon mukaan



Tieliikenteen ajokustannukset koostuvat kolmesta osasta: ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannuksista. Kaikkien näiden osakustannusten laskentaperusteita ja osaksi myös laskentamenetelmiä on tarkistettu. Ajokustannusjulkaisuun 1989 verrattuna merkittävimpiä muutoksia ovat seuraavat:

- ajoneuvokustannukset lasketaan kannattavuustarkasteluissa yhteiskuntataloudellisina, jolloin mm. tieliikenteen erityisverot jätetään pois laskelmista kaikilta autolajeilta
- yksityiskäytössä olevien henkilöautojen pääomakustannuksista otetaan mukaan vain ajosuoritteeseen kohdistuva osa
- ajoneuvokustannukset jaetaan kolmeen pääosaan: ajosuoritteeseen ja ajoaikaan kohdistuviin osiin sekä polttoaineenkulutuksen mukana muuttuvaan osaan
- työajan matkojen ajan arvoa henkilöautoilla on korotettu
- onnettomuuksien peruskustannusten laskennassa käytetään entistä pienempää diskonttaus korkoa ja talouskasvuarviota sekä uusia vammautumisen invaliditeettiasteita
- eri onnettomuustyyppien keskimääräisten hintojen korjaamista tilastojen puutteellisuuden takia ns. edustavuuskertoimilla on tarkennettu.

Ajoneuvokustannusten laskentamenetelmä on uudistettu. Uusi menetelmä perustuu liikennevirran keskimääräisen matkanopeuden määrittämiseen kullekin tielle ja liikennetilanteelle, sillä ajoneuvokustannukset muuttuvat nopeuden ja nopeusvaihteluiden mukana. Vilkkaan liikenteen aiheuttama ajoneuvokustannusten kasvu voidaan ottaa huomioon jakamalla vuoden liikenne liikennemääräluokkiin, jota menetelmää voidaan soveltaa myös liikenteen aikakustannusten laskentaan.

Onnettomuusasteiden ja -kustannusten määrittämismenetelmiä koskeva kehittämistyö on kesken (valmistuu aikataulun mukaan vuoden 1991 alussa). Tässä julkaisussa on esitetty vain karkeita keskiarvolukuja onnettomuusasteista.

Ajoneuvokustannusten uudistetut laskentaperusteet sekä laskentamenetelmät on kehitetty tiehallituksen suunnitteluosaston kehittämiskeskuksessa. Työstä ovat siellä vastanneet tieinsinööri Jukka Ristikartano ja dipl.insinööri Pentti O. Karvonen. Aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot on määritetty tutkimuskeskuksessa, jossa työstä ovat vastanneet erik.tutkijat Nils Halla ja Veijo Kokkarinen.

Ajokustannusten eri osien kustannuskehitys tarkistetaan vuosittain ja julkaistaan tiehallituksen suunnitteluosaston julkaisuna.



1.	Ajokustannusten perusarvot 1990	4
2.	Ajokustannusten laskentaperusteet	7
2.1	Autolajien ominaisuudet	7
2.2	Ajoneuvokustannusten osat	8
2.3	Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin	9
2.4	Aikakustannukset	11
2.5	Onnettomuuskustannukset	12
3.	Ajokustannusten laskentamenetelmä	14
3.1	Tarvittavat lähtötiedot	14
3.2	Tuntiliikenteiden määrittäminen	16
3.3	Matkanopeuksien määrittäminen	17
3.4	Ajoneuvokustannusten laskeminen	19
3.5	Aikakustannusten laskeminen	22
3.6	Onnettomuusmäärien selvittäminen	23
3.7	Onnettomuuskustannusten laskeminen	24
3.8	Taloudellisuustarkastelut	25
Liite	Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä	



1. AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT 1990

Ajoneuvokustannukset (Ank)

Ajoneuvokustannuksia tarkastellaan liikennetaloudellisissa laskelmissa **yhteiskuntatalouden näkökulmasta**. Kustannuksissa ei siten ole mukana polttoaineiden ja autojen hintoihin sisältyviä erillisveroja eikä moottoriajoneuvoveroa. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen osalta on jätetty pois se osa pääomakustannuksista, jonka ei oleteta olevan sidoksissa ajosuoritteeseen. Taulukossa 1.1 on vasemmalla esitetty liikennetaloudellisten laskelmien perustana olevat ajoneuvokustannusten perusarvot. Taulukossa oikealla olevat yksityistaloudelliset kustannukset (tienkäyttäjän näkökulma) on esitetty lähinnä vertailun vuoksi.

Taulukko 1.1 Ajoneuvokustannusten perusarvot 1990 (keskimäärin koko vuonna, kustannustaso tammikuu 1990).

Yhteiskuntataloudellinen kust.		Yksityistaloudelliset kust.lisät		
Autolaji	Ajoneuvo- kustannus (Ank) p/km	Erityis- verot p/km	Muut yks. tal. kust. p/km	Yhteensä (Ank+lisät) p/km
Henkilöauto	62	29	29	120
Pakettiauto	133	15	0	148
Kevyt auto	69	28	26	123
Linja-auto	305	9	0	314
Kuorma-auto	333	49	0	382
Raskas auto	328	42	0	370

Taulukon 1.1 ajoneuvokustannusten yhteiskuntataloudelliset perusarvot eivät sellaisenaan sovellu hankkeiden taloudellisten tunnuslukujen laskemiseen (perusarvot kuvaavat keskimääräistä kustannustasoa). Tiehankkeiden taloudelliset tarkastelut on tehtävä hankkeen olosuhteisiin sovitetuilla yksikkökustannuksilla, joiden määrittäisperusteet on esitetty luvussa 2 ja laskentamenetelmä luvussa 3.

Kevyen ja raskaan auton (tyyppiautot) muodostumista eri autolajeista on tarkasteltu luvussa 2.1.



Aikakustannukset (Aik)

Ajokustannuslaskelmissa liikenteessä käytetyn ajan arvo on sidottu henkilöautoilla teollisuustyöntekijän keskimääräiseen tuntipalkkaan ja matkan tarkoitukseen.

Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on ajohenkilöstön keskimääräinen palkkataso. Linja-auton matkustajien aikakustannuksina käytetään matkaryhmän työ- ja asiointimatkat (henkilöautot) ajan arvoa.

Taulukko 1.2 Aikakustannusten perusarvot 1990

Autolaji	Matkan tarkoitus	Kuormitus henkilöä/auto	mk/tunti /henkilö	mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka	1,3	99,80	129,80
	Työ- tai asiointimatka	1,6	17,12	27,40
	Vapaa- tai lomaajan matka	2,2	9,78	21,50
	Keskimäärin	1,9		35,80
Pakettiauto	Työajan matka	1,0	70,00	70,00
Kevyt auto		1,8		39,20
Linja-auto		1+13,5		319,00
Kuorma-auto		1,1	87,90	96,70
Raskas auto				136,70

Ajokustannuksia laskettaessa aikakustannukset (p/km) saadaan jakamalla autokohmainen ajan arvo matkanopeudella. Laskennat on pyrittävä tekemään matkaryhmittäin (matkan tarkoitus) sekä laskelmat kevyille ja raskaille autoille erikseen. Jos matkojen tarkoitusjakauma ei ole tiedossa, joudutaan käyttämään keskiarvolukuja.



Onnettomuuskustannukset (Onk)

Onnettomuuksien hintoihin sisältyy suorien taloudellisten menetysten lisäksi myös hyvinvoinnin menetystä kuvaava kustannus, joka on määritetty ns. yhteiskunnallisen maksuhalukkuuden pohjalta (arvioitu kullekin henkilövahinkotyypille erikseen).

Taulukossa 1.3 on esitetty onnettomuuskustannusten perusarvot yleisillä teillä. Kustannuksia on korjattu ns. edustavuuskertoimilla, jolloin on otettu huomioon tielaitoksen onnettomuustilastojen peittävyys.

Taulukko 1.3 Onnettomuuskustannusten perusarvot 1990 (yleiset tied)

Onnettomuuden seuraus/ onnettomuustyyppi	Kustannus (mk)
Kuollut	6 867 000
Pysyvästi vammautunut	4 356 000
Tilapäisesti vammautunut	46 000
Vammautunut keskimäärin	129 000
Kuolemaan johtanut onnettomuus	8 050 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	192 000
Henkilövahinko-onnettomuus	857 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	36 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	280 000

Ajokustannuksia laskettaessa arvioidaan nykyisten ja suunniteltujen teiden henkilövahinko-onnettomuusasteet. Arvioitujen liikennesuoritteiden avulla määritetään odotettavissa olevat onnettomuusmäärät, joista vakavuusasteiden avulla voidaan määrittää vuotuiset onnettomuuskustannukset.



2. AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET

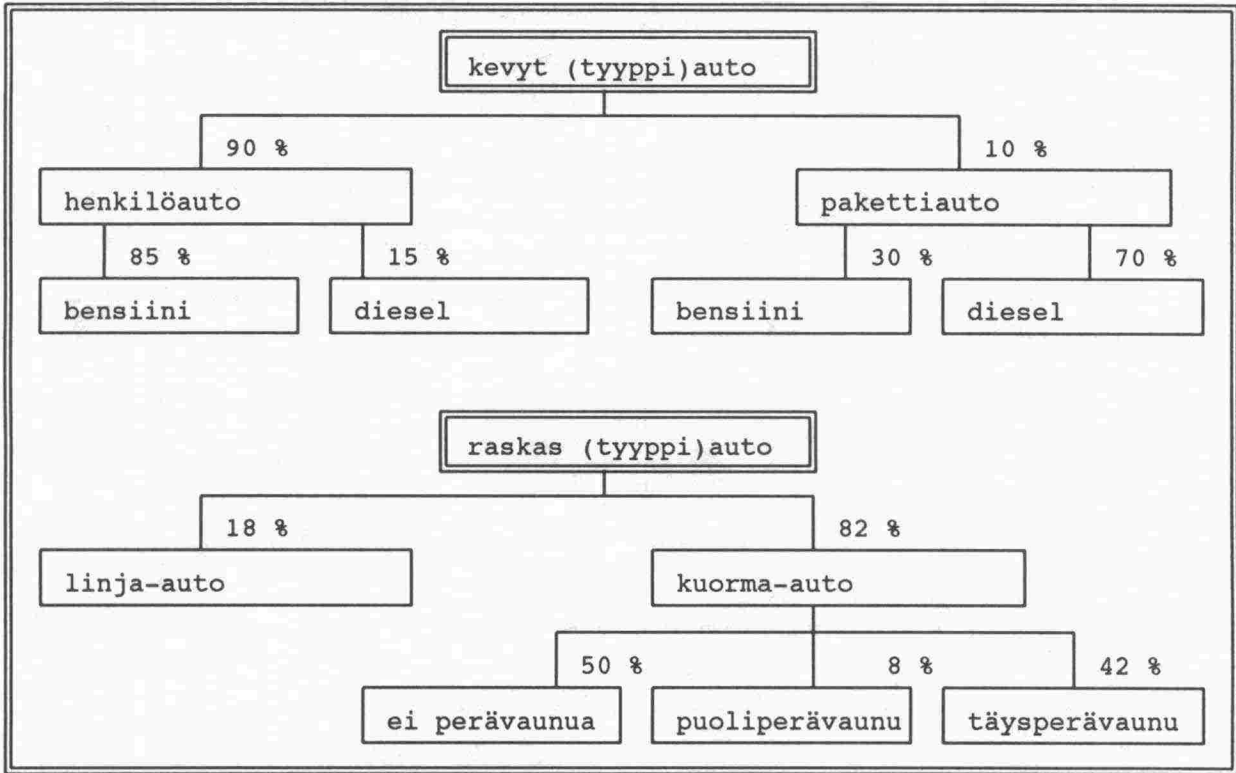
2.1 Autolajien ominaisuudet

Ajoneuvokustannusten perusarvot on laskettu käyttäen lähtötietoina taulukon 2.1 autolajien ominaisuuksia. Tiedot perustuvat mm. autorekisterikeskuksen ja autoalan yhdistysten julkaisemiin tilastoihin sekä mittauksiin. Polttoaineenkulutus kuvaa keskimääräistä kulutusta vuoden aikana. Kevyt ja raskas tyyppiäuto on muodostettu näistä kaavion 2.1 mukaisilla ajosuoriteosuuksilla painottaen.

Taulukko 2.1 Eri autolajien perusominaisuudet

Autolajien omin.	ha	pa	la	kaip	kapp	katp
Polttoaineenkulutus (l/100km)	8	11	30	26	37	43
Ajosuorite (km/a)	17600	16400	73000	34000	71000	91000
Hinta (mk)	62000	82000	817000	371000	813000	960000
" erityisveroin (91000)	-	-	-	-	-	-
Poistoaika (a)	13	10	13	10	10	10
Arvonalenema (%/a)	15	20	15	20	20	20
Korkokanta (%/a)	10	11	11	11	11	11
Dieselmkäyttöisiä (%)	8	70	100	100	100	100

Polttoaineiden hinnat (veroton/verollinen mk/l) tammikuun 1990 hintatasossa olivat: bensiini 95 E 2,44/3,72, bensiini 99 2,49/4,04 ja dieselöljy 2,24/3,24.



Kuva 2.1 Tyyppiautojen muodostuminen ja ajosuoritteiden painot



2.2 Ajoneuvokustannusten osat

Ajoneuvokustannukset muodostuvat seitsemästä osasta (taulukko 2.2). Osat on jaettu ajosuoritteesta, ajoajasta ja polttoaineenkulutuksesta määräytyviin osiin. Kustannuksista polttoaine-, korjaus-, huolto-, voitelu- ja rengaskustannusten oletetaan muuttuvan polttoaineenkulutuksen mukana. Ylläpito-, hallinto- ja pääomakustannukset on jaettu ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen ylläpito- ja hallintokustannukset on jätetty pois. Pääoman poistosta ja korosta otetaan laskelmiin mukaan puolet, mikä voidaan katsoa ajosuoritteen vaikutukseksi yksityisen henkilöauton arvonalenemaan. Vakuutusmaksut eivät sisälly ajoneuvokustannuksiin vaan onnettomuuskustannuksiin.

Eri autolajien laskennalliset **yhteiskuntataloudelliset kilometrikustannukset** (keskimäärin) muodostuvat taulukoiden 2.2 ja 2.3 mukaisiksi. Vertailun vuoksi on esitetty myös ne kustannuserät, jotka aikaisempiin ajokustannusjulkaisuihin verrattuna (yksityistaloudellinen näkökulma) on nyt jätetty pois.

Taulukko 2.2 Kevyiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1990

Osakustannukset	Henkilö- auto (p/km)	Paketti- auto (p/km)	Kevyt auto (p/km)
Polttoaine	19,5	25,4	20,1
Korjaus, huolto ja voitelu	17,1	20,9	17,5
Renkaat	2,5	3,4	2,6
Ylläpito	0,8	7,5	1,4
Hallinto	0,7	9,6	1,6
Pääoman poisto	13,2	44,6	16,3
Pääoman korko	8,2	22,1	9,6
Yhteensä (Ank)	61,9	133,5	69,1

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)			
Polttoainevero	10,9	12,4	11,0
Moottoriajoneuvovero	0,6	2,5	0,8
Autovero	18,0	0,0	16,2
Liikenteen erityis- verot yhteensä	29,4	14,9	28,0
Osa kiinteistä kustannuksista	28,6	0,0	25,7
Yksityistaloudellinen kustannus	120,0	148,3	122,8



Taulukko 2.3 Raskaiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostumisen keskimäärin 1990

Osakustannukset	Linja-auto (p/km)	Kuorma-auto (p/km)			Raskas auto (p/km)
		ilman pv.	puolipv.	täysperäv.	
Polttoaine	67,2	58,2	82,9	96,3	74,6
Korjaus, huolto ja voitelu	65,7	68,5	44,4	48,2	59,4
Renkaat	9,2	16,0	27,6	33,7	21,6
Ylläpito	14,7	18,5	8,8	6,9	13,2
Hallinto	21,5	19,3	17,9	14,0	17,8
Pääoman poisto	75,7	97,4	102,2	94,2	92,7
Pääoman korko	51,3	48,2	50,6	46,6	48,4
Yhteensä (Ank)	305,3	326,1	334,4	339,9	327,6

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)					
Polttoainevero	9,0	26,0	37,0	43,0	29,5
Moottoriajoneuvovero	0,0	18,5	13,5	12,5	12,8
Liikenteen erityisverot yhteensä	9,0	44,5	50,5	55,5	42,3
Liiketaloudellinen kustannus	314,3	370,6	384,9	395,3	369,9

Laskelmien polttoaineenkulutuksen suhteessa muuttuvien kustannusten perustasoiksi saadaan kevyille autoille **40,2 p/km** ja raskaille autoille **155,6 p/km**. Kiinteiksi kustannuksiksi saadaan vastaavasti **28,9 p/km** ja **172,0 p/km** ja ne jaetaan ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin (jako 50/50 % vertailunopeuksilla 80 ja 70 km/h).

2.3 Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin

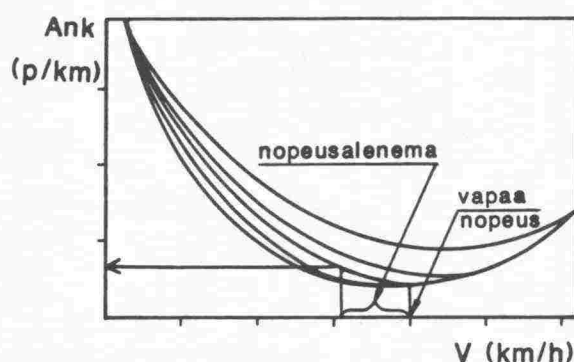
Aikaisemmissa ajokustannusten laskentaa käsitelleissä tielaitoksen julkaisuissa ajoneuvokustannusten määrittäminen perustui nopeustason arvioimiseen ja tien toiminnalliseen luokkaan. Koska saman luokan tiet voivat olla ominaisuuksiltaan hyvinkin erilaisia, on tästä jaottelusta luovuttu. Harkinnanvaraiset ajoneuvokustannusten korjaukset (esim. tavallisesta poikkeavan tiegeometrian vaikutus) on korvattu uusilla kustannusmalleilla, jotka perustuvat matkanopeuden määrittämiseen nopeusmalleilla kullekin tielle ja liikennetilanteelle. Nopeusmallien avulla voidaan lisäksi laskea aikakustannukset.

Autojen ajokilometrin kustannukset muuttuvat nopeuden muuttuessa. Matkanopeuksiin vaikuttavat mm. nopeusrajoitus, tien ominaisuudet ja liikennetilanne. Laskelmia varten on kehitetty kustannusmallit, joissa **ajoneuvokustannusten perustaso** määräytyy sen nopeustason mukaan, jota kuljettajat keskimäärin noudattavat vapaissa liikenneoloissa (ns. **vapaa nopeus**). Tähän kustannusten tasoon lasketaan korjaus, kun **tie- ja liikenneolot aiheuttavat keskinopeuden aleneman**. Kustannusten määräytymisen

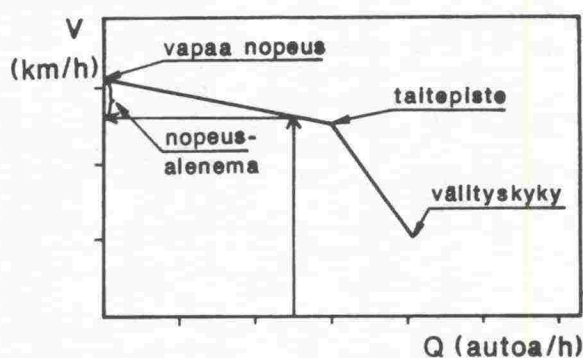


periaate on esitetty kuvassa 2.2. Liikenteen ns. vapaan nopeuden ja eri liikennetilanteiden nopeuksien laskemiseksi on kehitetty nopeusmallit, joilla ajoneuvokustannukset voidaan määrittää eri liikennetilanteille.

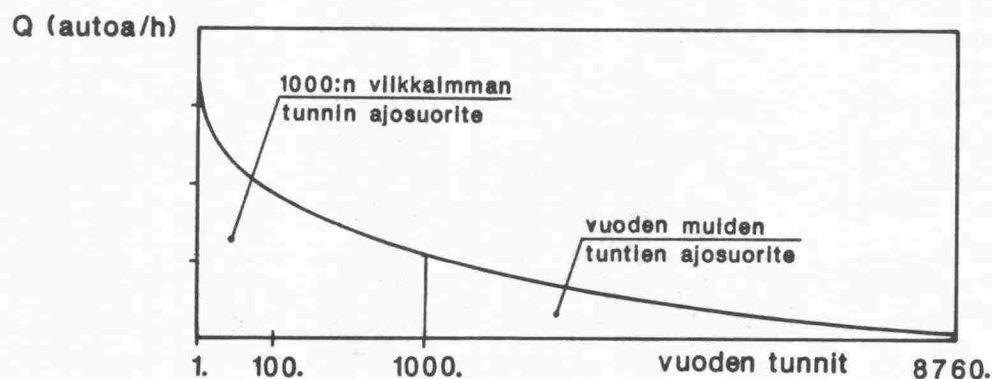
Liikenteen ajoneuvokustannukset vuoden ajalta saadaan laskettua, kun tiedetään liikennesuorituksen jakautuminen eri tuntiliikenneryhmiin. Vuoden jokaisen tunnin liikenteelle ruuhkautuneimmasta hiljaisimpaan voitaisiin mallilla laskea ajoneuvokustannukset. Riittävä laskentatarkkuus saavutetaan kuitenkin yleensä laskemalla liikenteen keskimatkanopeudet ja **kustannukset vapaissa liikenneoloissa ja vuoden 1000. vilkkaimpana tuntina**, joka yleensä vastaa kustannuksiltaan vuoden keskimääräistä tasoa. **Ruuhkautuvissa oloissa menetelmä arvioi kustannukset liian pieniksi**, sillä luvussa 3 esitetty laskentamenetelmä sisältää vain nopeusmallin taitepistettä edeltävän osan. Jos tarkasteltava tie ruuhkautuu, suositellaan tarkemman laskentamenetelmän käyttöä (liite). Liitteessä on esitetty kehitteillä oleva laskentamenetelmä, jossa ajosuorite jaetaan tuntiliikenneryhmiin ja näiden ryhmien keskimääräisiä ajoneuvokustannuksia painotetaan ryhmien ajosuoriteosuuksilla.



Kustannusmalli



Nopeusmalli



Tuntijärjestyskäyrä

Kuva 2.2 Ajoneuvokustannusten riippuvaisuus liikennetilanteesta



2.4 Aikakustannukset

Ajan arvo **henkilöautoilla** on sidottu teollisuustyöntekijöiden keskimääräiseen tuntipalkkaan (48,90 mk, arvio I nelj./90). Ajan arvo vaihtelee matkan tarkoituksen mukaan:

- **matkat työaikana:** ajan arvo on 1,3 kertaa bruttotuntipalkan ja vastaavien työnantajakulujen summa
- **matkat kodin ja työpaikan välillä sekä erilaiset asiointimatkat:** ajan arvo on 35% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta
- **matkat vapaa- ja loma-aikana:** ajan arvo on 20% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta.

Pakettiautojen ajan arvo on kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen summa. **Kevyen auton** ajan arvot on laskettu kilometrisuoritteilla painottaen (pakettiautojen osuus 10%). Pakettiautomatkat sisältyvät työajan matkoihin.

Taulukko 2.4 Kevyiden autolajien aikakustannusten perusarvot

Autolaji	Matkan tarkoitus (suoriteosuus %)	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka (11)	1,3	99,80	129,80
	Työ- tai asiointimatka (40)	1,6	17,12	27,40
	Vapaa- tai loma-ajan matka(49)	2,2	9,78	21,50
	Keskimäärin	1,9		35,80
Pakettiauto		1,0	70,00	70,00
Kevyt auto	Työajan matka (20)	1,15		99,20
	Työ- tai asiointimatka (36)	1,6		27,40
	Vapaa- tai loma-ajan matka(44)	2,2		21,50
	Keskimäärin	1,8		39,20

Linja-autojen ajan arvo on laskettu kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen sekä matkustajien ajan arvon summana. Matkustajien ajan arvona on käytetty taulukon 2.4 työ- ja asiointimatkaryhmän mukaista arvoa. **Kuorma-autojen** ajan arvo määräytyy ajohenkilöstön keskimääräisen bruttotuntipalkan (44,60 mk, arvio I nelj./90) ja vastaavien työnantajakulujen summana. Tavaraliikenteessä kuljetettavalle tavaralle ei lasketa ajan arvoa.

Taulukko 2.5 Raskaiden autolajien aikakustannusten perusarvot

Autolaji	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Linja-auto	1+13,5		319,00
Kuorma-auto	1,1	87,90	96,70
Raskas auto			136,70



2.5 Onnettomuuskustannukset

Liikenneonnettomuuksien aiheuttamien kustannusten laskemisessa käytetyt menetelmät vaihtelevat eri maissa huomattavasti. Eroja aiheuttaa erityisesti ns. **hyvinvoinnin menetysten** arvottaminen. Suomessa onnettomuuskustannukset lasketaan **yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen** perustuvan menetelmän mukaisesti (käytössä mm. Ruotsissa ja Tanskassa).

Onnettomuuskustannukset lasketaan kahtena osana: onnettomuuden aiheuttamat reaalitaloudelliset menetykset ja ns. hyvinvoinnin menetykset.

Taloudellisia kustannuksia ovat kustannuserät, jotka aiheutuvat onnettomuudessa syntyneiden vahinkojen korjaamiseen käytetyistä resursseista, onnettomuuden seurauksena syntyvistä tuotannonmenetyksistä ja muista vastaavista suorista rahallisista kuluista. Nämä kustannukset muodostuvat seuraavasti:

- onnettomuuden uhrin työn menetys (bruttokansantuote/työvoima)
- sairaanhoitokulut
- hallintokulut
- (hautajaiset)
- ajoneuvovahingot.

Hyvinvoinnin menetykset lasketaan yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen perustuvana. Kustannusosa sisältää sekä onnettomuuden seurauksena aiheutuvat että koetun onnettomuusriskin aiheuttamat hyvinvoinnin menetykset. Menetykset on arvioitu henkilövahinkotyypeittäin seuraavasti:

- **Onnettomuudessa kuolleen** hyvinvoinnin menetys on 100-prosenttisesti invalidisoituneen ihmisen keskimääräinen laitoshoitokustannus jäljellä olevalta elinajalta (30v).
- **Pysyvästi vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on määritelty keskimääräisen lääketieteellisen invaliditeettiasteen mukaisesti (46% täysininvalidin menetyksestä).
- **Tilapäisesti vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on arvioitu vertaamalla sairauspäivien lukumäärää pysyvästi vammautuneen laitoshoidoaikaan (0,5% pysyvästi vammautuneen menetyksestä).

Onnettomuuskustannukset arvotetaan laskettavissa olevia taloudellisia kustannuksia suuremmiksi. Yksikkökustannusten määrittelyssä käytetään diskonttauskorkona 5%:a ja talouskasvuarviona 2,4%:a. Invaliditeettiasteet perustuvat suomalaiseen tilastoaineistoon. Yksikkökustannukset ovat merkittävästi suurempia kuin aiempina vuosina käytetyt hinnat. Edellistä peruslaskelmaa vuodelta 1978 oli korjattu vuosittain kustannusindeksillä, eikä se enää vastannut todellisuutta. Henkilövahinkojen yksikkökustannukset on esitetty taulukossa 2.6 ja erilaisten onnettomuuksien yksikkökustannukset taulukossa 2.7.



Taulukko 2.6 Liikenneonnettomuuden henkilövahinkojen yksikkökustannukset yleisillä teillä

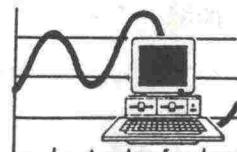
Vahinkotyyppi	Yksikkökustannus (mk)		
	Taloudellinen kustannus	Hyvinvoinnin menetys	Yhteensä
Kuollut	2 671 000	4 196 000	6 867 000
Pysyvästi vammautunut	2 442 000	1 914 000	4 356 000
Tilap. vammautunut	34 000	12 000	46 000
- vaikea vamma	56 000	19 000	75 000
- lievä vamma	12 000	5 000	17 000
Vammautunut keskimäärin	82 500	46 500	129 000

Taulukko 2.7 Erilaisten onnettomuuksien yksikkökustannukset yleisillä teillä

Onnettomuuden vakavuusaste	Kustannus (mk)	
	Korjaamaton	Korjattu
Kuolemaan johtanut onnettomuus	8 050 000	8 050 000
Pysyvään vammautumiseen johtanut onnettomuus	5 076 000	5 076 000
Tilapäiseen vammautumiseen johtanut onnettomuus	52 000	83 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	150 000	192 000
Henkilövahinko-onnettomuus	790 000	857 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	10 900	36 000
Tieliikenneonnettomuus	220 000	280 000

Kustannukset on laskettu alkuvuoden 1990 hintatason mukaisina ja niissä on käytetty hyväksi tiehallituksen onnettomuustilastoja. Taulukossa 2.7 on esitetty sekä tilastojen perusteella lasketut kustannukset (korjaamaton luku) että ns. edustavuuskertoimien avulla korjatut kustannukset (korjattu luku). Taulukon 2.6 kustannukset on myös korjattu edustavuuskertoimilla.

Edustavuuskertoimien avulla on otettu huomioon yleisten teiden onnettomuuskustannusten laskennassa tielaitoksen onnettomuustilastojen peittävyys. Tieviranomaisten tietoon tulevat kaikki yleisten teiden kuolemaan johtaneet onnettomuudet, noin 65 prosenttia vammautumiseen ja noin 30 prosenttia omaisuusvahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Vammautumiseen johtaneiden onnettomuuksien kustannuksia on korjattu keskimäärin edustavuuskertoimella 1,6 ja omaisuusvahinkoon johtaneiden kertoimella 3,3.



3. AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ

3.1 Tarvittavat lähtötiedot

Seuraavassa esitetty laskentamenetelmä on kehitetty käsinlaskentaa varten ja menetelmä on sen vuoksi pyritty tekemään verrattain yksinkertaiseksi.

Kustannuslaskenta etenee seuraavasti:

- lasketaan tuntiliikenteet tarkasteluvuosille
- määritetään nopeusmalleilla liikenteen keskimääräiset matkanopeudet (kevyet ja raskaat autot)
- lasketaan ajoneuvo- ja aikakustannukset
- määritetään onnettomuusasteet
- lasketaan onnettomuuskustannukset

Lähtötietoina tarvitaan:

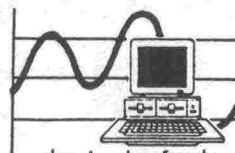
Nykyisten ja suunniteltujen linkkien (tieosien) pituus, poikkileikkaus (leveys, kaistojen määrä), tiegeometria (mäkisyys, kaarteisuus), liittymätiheys ja nopeusrajoitus.

Linkkien keskivuorokausiliikenteet, raskaiden autojen määrät, liikenteen jakautuminen nykyiselle ja suunnitellulle verkolle, liikenne-ennuste eri tarkasteluvuosille sekä tuntijärjestyskäyriltä kunkin tieosan 1000. vilkkaimman tunnin liikenne eri vuosina.

Kaavoissa on käytetty seuraavia merkintöjä:

V	(km/h)	matkanopeus vapaissa liikenneoloissa
dV	(km/h)	nopeusalenema
v	(km/h)	matkanopeus vallitsevissa liikenneoloissa (=V-dV)
V _{raj}	(km/h)	nopeusrajoitus
L	(km)	linkin pituus
N	(kpl)	kaistojen lukumäärä
W	(m)	päällysteen leveys
M	(m/km)	mäkisyys
K	(gon/km)	kaarteisuus
LT	(kpl/km)	liittymätiheys (merkittävät liittymät)
KVL	(autoa/vrk)	keskivuorokausiliikenne
KVL _{rask}	(autoa/vrk)	raskaiden autojen keskivuorokausiliikenne
p	(%)	raskaiden autojen osuus KVL:stä
Q	(autoa/h)	tuntiliikenne
g/t	(-)	vihreän ajan osuus liikennevalojen kiertoajasta
P	(l/100 km)	polttoaineenkulutus
dP	(l/100 km)	suhteellinen polttoaineenkulutus
A	(p/km)	ajoneuvokustannusten kiinteä osa
B	(p/km)	ajoneuvokustannusten muuttuva osa
v ₀	(km/h)	vertailunopeus

Alaindeksit (esim. V_{kev}, V_{rask}) viittaavat kevyeen ja raskaaseen (tyyppi)autoon.



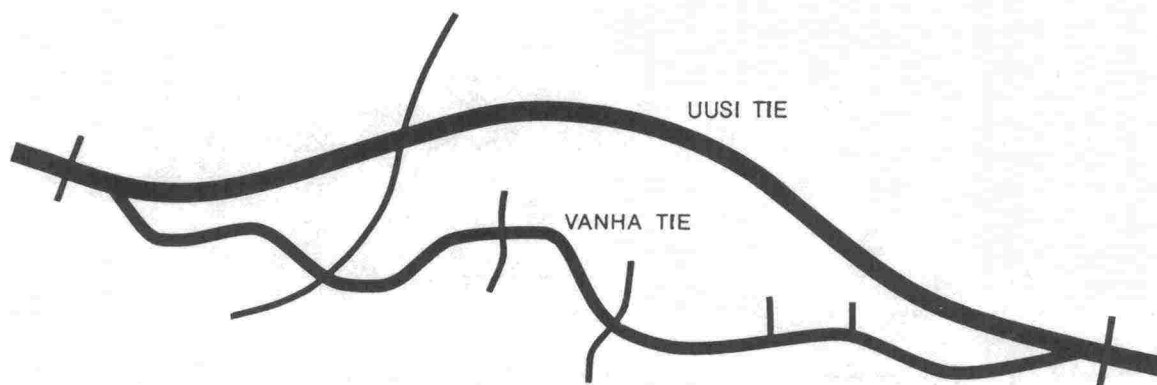
Kehystetyissä esimerkkilaskelmissa käsitellään vanhan valtatieyhteyden korvaamista moottoriliikennetiellä (mol-tie). 0-vaihtoehto merkitsee nykyistä tietä, vaihtoehto 1 sisältää uuden mol-tien ja sen rinnalla vanhan tien.

Esimerkin lähtötiedot:

	Nykyinen tie	Suunniteltu tie
pituus (km)	14,0	12,8
päällysten leveys (m)	7	12,0
mäkisyys (m/km)	15	9
kaarteisuus (gon/km)	36	11
liittymätiheys (kpl/km)	0,53	0,06
nopeusrajoitus (km/h)	80	100
KVL 1990	5500	-
KVL _{rask} 1990	760	-

Tarkastelujakso on vv. 2000 - 2020, liikenteen kasvu 3%/a välillä 1990 - 2010 ja n. 1%/a välillä 2010 - 2030. Uudelle tielle siirtyy 80 % liikenteestä. Tuntijärjestyskäyrä oletetaan läheisen konelaskentapisteen mukaiseksi nykyisellä ja suunnitellulla tiellä. Moottoriliikennetien verkossa vanhalla tiellä käytetään eteläsuomalaisen seudullisen tien tuntijärjestyskäyrää.

Kaavio esimerkkihankkeesta





3.2 Tuntiliikenteiden määrittäminen

Liikenne-ennusteen avulla saadaan keskivuorokausiliikenteet sekä raskaan liikenteen määrät tiehankkeen avausvuodelle ja viiden vuoden välein seuraaville 20 vuodelle (=käytettävälle tarkasteluajanjaksolle).

Keskivuorokausiliikenne, KVL (autoa/vrk)						
	1990	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	5500	7392	8569	9934	10441	10973
Ve 1, uusi tie	-	5914	6855	7947	8353	8778
Ve 1, vanha tie	5500	1478	1714	1987	2088	2195

Raskas liikenne, KVL_{rask} (autoa/vrk)						
	1990	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	760	1021	1184	1373	1443	1516
Ve 1, uusi tie	-	817	947	1098	1154	1213
Ve 1, vanha tie	760	204	237	275	289	303

Tuntijärjestyskäyrän avulla lasketaan tarkasteluvuosien 1000. tunnin tuntiliikenteet. Käyrä saadaan esimerkiksi läheisten konelaskentapisteen tiedoista, julkaisusta Koneellinen liikennelaskenta 1987 (TVH 713 427) tai liitteessä esitetyistä tyypillisistä tuntijärjestyskäyristä.

Vuoden 1000. tunnin liikenne, Q_{1000} (autoa/h)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	591	686	795	835	878
Ve 1, uusi tie	473	548	636	668	702
Ve 1, vanha tie	118	137	159	167	176



3.3 Matkanopeuksien määrittäminen

Määritetään kevyiden ja raskaiden autojen **matkanopeus vapaissa oloissa (V)**:

1-ajorataiset tiet

$$V_{\text{kev}} = 45 + 0,34 \cdot V_{\text{raj}} + 1,65 \cdot V_{\text{raj}} / 80 \cdot W$$

$$V_{\text{rask}} = 75 + W$$

2-ajorataiset tiet

$$V_{\text{kev}} = 40 + 0,6 \cdot V_{\text{raj}}$$

$$V_{\text{rask}} = 78 + 0,1 \cdot V_{\text{raj}}$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen keskimääräinen vapaa matkanopeus ei ole suurempi kuin kevyiden autojen ($V_{\text{rask}} \leq V_{\text{kev}}$).

0-vaihtoehto:

$$V_{\text{kev}} = 45 + 0,34 \cdot 80 + 1,65 \cdot 80 / 80 \cdot 7 = 83,8$$

$$V_{\text{rask}} = 75 + 7 = 82,0 (< 83,8)$$

$$\text{Ve 1, uusi tie: } V_{\text{kev}} = 103,8 \text{ ja } V_{\text{rask}} = 87,0$$

$$\text{Ve 1, vanha tie: } V_{\text{kev}} = 83,8 \text{ ja } V_{\text{rask}} = 82,0$$

Määritetään tien geometrian, liikenteen ja muiden olosuhteiden aiheuttama **matkanopeuden alenema dV** kunkin tarkasteluvuoden 1000. tuntina (verrattuna vapaisiin liikenneoloihin):

1-ajorataiset tiet

$$dV_{\text{kev}} = V_{\text{raj}} / 600 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{\text{kev}} \cdot Q / 1000$$

$$dV_{\text{rask}} = 0,04 \cdot V_{\text{rask}} \cdot Q / 1000 + 0,3 \cdot M$$

2-ajorataiset tiet

$$dV_{\text{kev}} = V_{\text{raj}} / 1000 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{\text{kev}} \cdot Q / (N \cdot 1000)$$

$$dV_{\text{rask}} = 0,04 \cdot V_{\text{rask}} \cdot Q / (N \cdot 1000) + 0,3 \cdot M$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen matkanopeus ei tule suuremmaksi kuin kevyiden autojen ($dV_{\text{rask}} \geq (V_{\text{rask}} - V_{\text{kev}} + dV_{\text{kev}})$).

Korjataan matkanopeuden alenemaa tarvittaessa seuraavasti:

- öljysorapäälysteinen tie: lisäalenema $0,04 \cdot V_{\text{kev}}$
- sorapäälysteinen tie: lisäalenema $0,1 \cdot V_{\text{kev}}$
- liikennevalot: lisäalenema $(1 - g/t) \cdot V_{\text{kev}}$



Esimerkiksi: 0-vaihtoehto, 1000. tunti vuonna 2005:

$$dV_{kev} = 80/600 \cdot 36 + 13,8/10 \cdot 0,53 + 0,08 \cdot 83,8 \cdot 686/1000 = 10,3$$

$$dV_{rask} = 0,04 \cdot 82,0 \cdot 686/1000 + 0,3 \cdot 15 = 6,8$$

$$\text{Tarkistus: } dV_{rask} \geq 82,0 - 83,8 + 10,3 = 8,5 \quad \text{eli } dV_{rask} = \underline{8,5}$$

Matkanopeuden alenema, dV (km/h)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
dV_{kev}	9,5	10,1	10,9	11,1	11,4
dV_{rask}	7,7	<u>8,5</u>	9,1	9,3	9,6
Ve 1, uusi tie:					
dV_{kev}	5,8	6,5	7,2	7,5	7,7
dV_{rask}	4,4	4,6	4,9	5,0	5,2
Ve 1, vanha tie:					
dV_{kev}	6,3	6,4	6,6	6,6	6,7
dV_{rask}	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1

Keskimääräinen matkanopeus määritetään kevyille ja raskaille autoille kaavoista:

$$V_{kev} = V_{kev} - dV_{kev}$$

$$V_{rask} = V_{rask} - dV_{rask}$$

Esimerkiksi Ve 1, uusi tie v. 2010:

$$V_{kev} = 103,8 - 7,2 = \underline{96,6}$$

$$V_{rask} = 87,0 - 4,9 = \underline{82,1}$$

Keskimääräinen matkanopeus, v (km/h)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
V_{kev}	74,3	73,7	72,9	72,7	72,4
V_{rask}	74,3	73,7	72,9	72,7	72,4
Ve 1, uusi tie:					
V_{kev}	98,0	97,3	<u>96,6</u>	96,3	96,1
V_{rask}	82,6	82,4	<u>82,1</u>	82,0	81,8
Ve 1, vanha tie:					
V_{kev}	77,5	77,4	77,2	77,2	77,1
V_{rask}	77,1	77,0	77,0	76,9	76,9



3.4 Ajoneuvokustannusten laskeminen

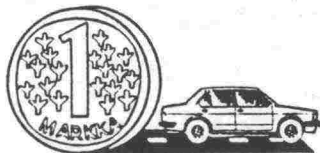
Ajoneuvokustannukset (Ank, p/km) kevyille ja raskaille autoille saadaan laskettua kohdassa 2.2 määritettyjen kustannusosien avulla. Ajosuoriteriippuvainen osa ns. kiinteistä kustannuksista lasketaan mukaan sellaisenaan. Ajoajasta riippuvainen osa kiinteistä kustannuksista kerrotaan vertailunopeuden (kevyillä autoilla 80 ja raskailla 70 km/h) ja 1000. tunnin matkanopeuden suhteella.

Taulukoista 3.1 ja 3.2 (s. 20) saadaan määritettyä **suhteellinen polttoaineenkulutus** (dP) vapaan matkanopeuden ja 1000. tunnin matkanopeuden avulla (polttoaineenkulutus tieosalla verrattuna kulutukseen keskimäärin koko vuonna). Polttoaineenkulutuksesta riippuvainen kustannusosa (muuttuvat kustannukset, kohta 2.2) kerrotaan suhteellisella polttoaineenkulutuksella.

$$Ank_{kev} = A_{kev} / 2 + 80 / v_{kev} \cdot A_{kev} / 2 + dP_{kev} \cdot B_{kev}$$
$$Ank_{rask} = A_{rask} / 2 + 70 / v_{rask} \cdot A_{rask} / 2 + dP_{rask} \cdot B_{rask}$$

Kaavojen kertoimien A ja B arvot (p/km) vuoden 1990 kustannustasossa ovat:
 $A_{kev}=28,9$, $B_{kev}=40,2$, $A_{rask}=172,0$ ja $B_{rask}=155,6$ (sivu 9).

Esimerkiksi: Ve 1, vanha tie, raskaan auton ajoneuvokustannukset (p/km) vuonna 2015: Raskaan auton ajoneuvokustannusten kiinteä osa $A_{rask} = 172,0$ p/km ja muuttuva osa $B_{rask} = 155,6$ p/km. Vastaava suhteellinen polttoaineenkulutus on 0,843, kun vapaa nopeus on 82,0 km/h ja keskimääräinen matkanopeus 76,9 km/h (taulukko 3.2). $Ank_{rask} = 172,0 / 2 + 70 / 76,9 \cdot 172,0 / 2 + 0,843 \cdot 155,6 = \underline{295,5}$					
Ajoneuvokustannukset, Ank_{kev} ja Ank_{rask} (p/km)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Ank_{kev}	65,4	65,6	65,8	65,8	65,9
Ank_{rask}	300,7	302,0	303,8	304,2	304,8
Ve 1, uusi tie:					
Ank_{kev}	65,7	65,7	65,7	65,6	65,6
Ank_{rask}	295,2	295,4	295,9	296,0	296,4
Ve 1, vanha tie:					
Ank_{kev}	64,8	64,8	64,9	64,9	64,9
Ank_{rask}	295,1	295,4	295,4	<u>295,5</u>	295,5



Taulukko 3.1 Kevyen auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen

Kevyen auton suhteellinen polttoaineenkulutus (dP)															
Matka- nopeus (v) km/h	Vapaa matkanopeus (V) km/h														
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
20	1,349	1,389	1,417	1,431	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433
25	1,220	1,262	1,293	1,313	1,322	1,322	1,322	1,322	1,322	1,322	1,322	1,322	1,322	1,322	1,322
30	1,110	1,151	1,184	1,209	1,223	1,227	1,227	1,227	1,227	1,227	1,227	1,227	1,227	1,227	1,227
35	1,018	1,057	1,091	1,117	1,136	1,145	1,147	1,147	1,147	1,147	1,147	1,147	1,147	1,147	1,147
40	0,944	0,979	1,012	1,039	1,060	1,074	1,081	1,081	1,076	1,069	1,061	1,056	1,059	1,074	1,107
45	0,889	0,918	0,947	0,974	0,996	1,013	1,024	1,029	1,030	1,028	1,026	1,027	1,034	1,052	1,087
50	0,852	0,874	0,898	0,922	0,944	0,962	0,976	0,985	0,991	0,994	0,996	1,002	1,013	1,034	1,070
55		0,846	0,863	0,884	0,904	0,922	0,937	0,949	0,958	0,965	0,972	0,981	0,995	1,019	1,056
60			0,844	0,858	0,875	0,892	0,907	0,921	0,932	0,942	0,952	0,965	0,982	1,007	1,045
65				0,846	0,858	0,872	0,886	0,900	0,913	0,925	0,938	0,953	0,972	0,999	1,037
70					0,852	0,862	0,874	0,888	0,901	0,914	0,929	0,945	0,966	0,994	1,033
75						0,863	0,872	0,883	0,896	0,909	0,925	0,942	0,964	0,992	1,031
80							0,878	0,886	0,897	0,910	0,925	0,943	0,966	0,994	1,032
85								0,897	0,905	0,917	0,931	0,949	0,971	0,999	1,036
90									0,920	0,929	0,942	0,959	0,980	1,008	1,043
95										0,948	0,958	0,974	0,994	1,019	1,053
100											0,980	0,992	1,010	1,035	1,066
105												1,015	1,031	1,053	1,082
110													1,056	1,075	1,101
115														1,100	1,124
120															1,149

Taulukko 3.2 Raskaan auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen

Raskaan auton suhteellinen polttoaineenkulutus (dP)												
Matkanopeus (v) km/h	Vapaa matkanopeus (V) km/h											
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	1,419	1,489	1,546	1,589	1,619	1,636	1,641	1,641	1,641	1,641	1,641	1,641
25	1,252	1,325	1,388	1,439	1,477	1,504	1,519	1,525	1,525	1,525	1,525	1,525
30	1,100	1,177	1,244	1,301	1,347	1,382	1,407	1,422	1,428	1,429	1,429	1,429
35	0,965	1,043	1,113	1,174	1,227	1,269	1,302	1,326	1,343	1,353	1,359	1,363
40	0,846	0,923	0,995	1,060	1,117	1,166	1,206	1,238	1,263	1,282	1,297	1,310
45	0,744	0,819	0,891	0,958	1,019	1,072	1,119	1,158	1,190	1,218	1,241	1,262
50		0,729	0,800	0,868	0,931	0,988	1,040	1,085	1,124	1,158	1,189	1,218
55			0,722	0,789	0,853	0,914	0,969	1,019	1,064	1,105	1,142	1,178
60				0,723	0,787	0,849	0,907	0,961	1,011	1,057	1,100	1,142
65					0,731	0,793	0,853	0,910	0,964	1,015	1,063	1,110
70						0,747	0,808	0,867	0,923	0,978	1,031	1,083
75							0,771	0,831	0,889	0,947	1,003	1,059
80								0,802	0,862	0,922	0,981	1,040
85									0,841	0,902	0,963	1,024
90										0,888	0,950	1,013
95											0,942	1,006
100												1,003

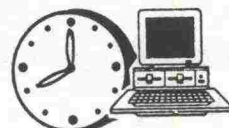


Liikenteen vuotuiset ajoneuvokustannukset tieosittain (linkeittäin) saadaan laskettua liikennemäärän ja linkin pituuden avulla:

$$\text{Ank}(\text{Mmk/v}) = \text{Ank}(\text{p/km}) \cdot \text{KVL} \cdot 365 \cdot L / 10^8$$

Ajoneuvokustannukset lasketaan linkeittäin kullekin tarkasteluvuodelle erikseen kevyille ja raskaille autoille.

Ajoneuvokustannukset, Ank_{kev} ja Ank_{rask} (Mmk/v)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Ank_{kev}	21,3	24,8	28,8	30,3	31,8
Ank_{rask}	15,7	18,3	21,3	22,4	23,6
Ve 1, uusi tie:					
Ank_{kev}	15,6	18,1	21,0	22,1	23,2
Ank_{rask}	11,3	13,1	15,2	16,0	16,8
Ve 1, vanha tie:					
Ank_{kev}	4,2	4,9	5,7	6,0	6,3
Ank_{rask}	3,1	3,6	4,2	4,4	4,6
Ve 1, yhteensä:					
Ank_{kev}	19,8	23,0	26,7	28,0	29,5
Ank_{rask}	14,4	16,7	19,4	20,4	21,4



3.5 Aikakustannusten laskeminen

Aikakustannukset (Aik, p/km) saadaan laskettua joko autolajeittain eri matkantarkoituksen mukaan, tai kevyille ja raskaille autoille kohdan 2.4 kustannusten ja keskimääräisten matkanopeuksien avulla.

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie, kevyet autot v. 2005
 $Aik_{kev} = 39,20/97,3 \cdot 100 = \underline{40,3}$

Aikakustannukset, Aik_{kev} ja Aik_{rask} (p/km)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto					
Aik_{kev}	52,8	53,2	53,8	53,9	54,1
Aik_{rask}	184,0	185,5	187,5	188,0	188,8
Ve 1, uusi tie					
Aik_{kev}	39,8	<u>40,3</u>	40,6	40,7	40,8
Aik_{rask}	165,5	165,9	166,5	166,7	167,1
Ve 1, vanha tie					
Aik_{kev}	50,6	50,6	50,7	50,8	50,8
Aik_{rask}	177,3	177,5	177,5	177,7	177,7

Vuotuiset aikakustannukset tieosittain (linkeittäin) lasketaan ajoneuvokustannusten tapaan:

$$Aik(Mmk/v) = Aik(p/km) \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^8$$

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie, raskaat autot v. 2010
 $Aik_{rask} = 166,5 \cdot 1098 \cdot 365 \cdot 12,8/10^8 = \underline{8,5}$

Aikakustannukset, Aik_{kev} ja Aik_{rask} (Mmk/v)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto					
Aik_{kev}	17,2	20,1	23,5	24,8	26,1
Aik_{rask}	9,6	11,2	13,2	13,9	14,6
Ve 1, uusi tie					
Aik_{kev}	9,5	11,1	13,0	13,7	14,4
Aik_{rask}	6,3	7,3	<u>8,5</u>	9,0	9,5
Ve 1, vanha tie					
Aik_{kev}	3,3	3,8	4,4	4,7	4,9
Aik_{rask}	1,8	2,1	2,5	2,6	2,8
Ve 1, yhteensä					
Aik_{kev}	12,8	14,9	17,4	18,4	19,3
Aik_{rask}	8,1	9,4	11,0	11,6	12,3



3.6 Onnettomuusmäärien selvittäminen

Henkilövahinko-onnettomuuksien määrät selvitetään joko onnettomuusmallien tai keskimääräisten onnettomuusasteiden, onnettomuuksien vähenemän ja liikennesuoritteiden avulla. Taulukossa 3.3 on esitetty karkeita arvioita keskimääräisistä henkilövahinko-onnettomuusasteista (onn./milj.autokm) eräillä tietyypeillä.

Taulukko 3.3 Keskimääräiset henkilövahinko-onnettomuusasteet

Tietyyppi	Heva-onnettomuusaste (onn./milj.autokm)
Tiet taajamien ulkopuolella	
Moottoritiet	0,11
Moottoriliikennetiet	0,11
Muut pääties	0,14 ... 0,22
Muut maantiet	0,18 ... 0,30
Tiet taajamissa	0,30 ... 0,60
Taajamien ulkopuolella onnettomuusaste on riippuvainen ympäristöstä (liittymät, maankäyttö, jne.) ja liikenteestä sekä niiden perusteella määritettävästä nopeusrajoituksesta. Onnettomuusaste on yleensä vaihteluvälin alapäässä kun tien geometria on hyvä, tien varrella ei ole yksityistie liittymiä eikä nopeusrajoitus ole olosuhteisiin nähden liian korkea.	
Taajamissa onnettomuusasteiden vaihtelut ovat erittäin suuria. Niihin vaikuttavat mm. tien verkollinen asema (ohikulku-, läpikulku-, sisään tulotai muu tie), kaavatilanne ja ympäröivä maankäyttö (palvelut, hallinto, teollisuus, asunto, tai muu maankäyttö). Suurimmat onnettomuusasteet ovat kaava-alueiden läpikulku- ja sisään tuloteilla, kun maankäyttömuotona ovat kaupalliset tai hallinnolliset palvelut.	

Keskimääräisiä onnettomuusasteita määritettäessä otetaan huomioon nopeusrajoitukset, tie- ja liikenneolosuhteet sekä onnettomuushistoria. Onnettomuusasteiden, liikennemäärän ja tien pituuden avulla lasketaan vuotuiset onnettomuusmäärät.

Uuden tai parannettavan tien onnettomuusaste voidaan määrittää karkeasti taulukon 3.3 avulla tai turvallisuutta parantavien toimenpiteiden onnettomuuksien vähenemäkertoimien avulla. Ellei käytettävissä ole tarkempia vaikutusarvioita, onnettomuuksien vähenemäprosentteja voidaan arvioida TVH:n liikennetoimiston 26.9.1988 tie- ja vesirakennuspiireille lähettämän kirjeen "Liikenneturvallisuusvaikutusten arviointi esisuunnitteluvaiheessa" perusteella.



Esimerkkitapauksessa onnettomuusasteet arvioitiin nykyiselle tielle (sekä 0-vaihtoehdolle että ve 1:lle) viiden vuoden onnettomuustietojen perusteella. Onnettomuusasteen oletettiin pysyvän samana koko tarkasteluajanjakson. Moottoriliikennetien onnettomuusaste arvioitiin samalla seudulla olevan aikaisemmin avatun moottoriliikennetien ja vastaavien yleisten onnettomuusasteiden avulla. Näin saatiin nykyiselle tielle henkilövahinko-onnettomuusasteeksi 0,17 onn./milj.autokm ja moottoriliikennetielle 0,11 onn./milj.autokm.

Onnettomuusasteiden ja liikennemäärien perusteella arvioitiin henkilövahinko-onnettomuuksien määrät eri vuosille.

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie v. 2015

$$0,11 \cdot 12,8 \cdot 8353 \cdot 365 / 10^6 = \underline{4,3} \text{ henkilövahinko-onnettomuutta/v}$$

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	6,4	7,4	8,6	9,1	9,5
Ve 1, uusi tie	3,0	3,5	4,1	<u>4,3</u>	4,5
Ve 1, vanha tie	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9
Ve 1, yhteensä	4,3	5,0	5,8	6,1	6,4

3.7 Onnettomuuskustannusten laskeminen

Onnettomuuskustannukset voidaan arvioida eri liikenneolosuhteissa tapahtuvien onnettomuuksien vakavuusasteiden ja keskimääraisten onnettomuuskustannusten perusteella tai käyttämällä keskimääraistä henkilövahinko-onnettomuuden kustannusta. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien kustannukset voidaan ottaa huomioon vakiokertoimen 1,1 avulla (osuus onnettomuuskustannuksista usein noin 10%).

Esimerkkitapauksessa onnettomuuskustannuksina käytettiin kaikissa vaihtoehtoisissa keskimääraistä henkilövahinko-onnettomuuden kustannusta. Omaisuusvahinko-onnettomuudet otettiin huomioon kertoimen avulla.

$$\text{Esim. 0-vaihtoehto v. 2005 } \text{Onk} = 7,4 \cdot 857000 \cdot 1,1 / 10^6 = \underline{7,0}$$

Onnettomuuskustannukset , Onk (Mmk/v)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	6,1	<u>7,0</u>	8,1	8,6	9,0
Ve 1, uusi tie	2,9	3,3	3,9	4,0	4,3
Ve 1, vanha tie	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8
Ve 1, yhteensä	4,1	4,7	5,5	5,7	6,1



3.8 Taloudellisuustarkastelut

Tienpidon liikennetaloudellisuustarkasteluissa liikenteen ajokustannuksiin (AK) lasketaan mukaan ajoneuvokustannukset (Ank), aikakustannukset (Aik) ja onnettomuuskustannukset (Onk). Näitä ajokustannusten osakustannuksia ja niiden muutoksia on suositeltavaa käsitellä erillisinä. Tiehankkeen taloudellisuuteen vaikuttavat ajokustannusten ja rakennuskustannusten lisäksi kunnossapito- ja päällystyskustannukset sekä erilaiset tiehankkeesta aiheutuvat kerrannaisvaikutukset esim. aluetalouteen. Tässä julkaisussa käsitellään vain ajokustannusten määrittämistä.

Tulevaisuudessa saatavat rahalliset hyödyt (tai kustannukset) on yleensä tarpeen saada yhteismitallisiksi aikaisemmin syntyvien kustannusten (tiehankkeissa ensisijaisesti rakennuskustannusten) kanssa. Kustannukset ja hyödyt diskontataan siksi sovitulla laskentakorolla perusvuoteen (yleensä hankkeen käyttöönottovuosi). Samoin menetellään myös kunnossapito- ja päällystyskustannusten kanssa.

Kustannusten diskonttaus voidaan tehdä jokaiselta tarkasteluajanjakson vuodelta. Usein riittävä tarkkuus saadaan määrittämällä kustannukset ensimmäiseltä ja viimeiseltä tarkasteluvuodelta sekä välivuosilta 5 (tai 10) vuoden välein. Ajokustannusten (AK) osien ja niiden muutosten voidaan olettaa muuttuvan suoraviivaisesti väliaikoina.

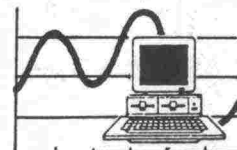
Yleisimmin määritetyt liikennetaloudelliset tunnusluvut tiehankkeille ovat:

- Ensimmäisen vuoden tuottoaste: Tien ensimmäisen käyttövuoden hyödyt jaettuna kokonaisinvestoinnilla.
- Hyötykustannussuhde: Koko laskenta-ajanjakson (yleensä 20 vuotta) perusvuoteen diskontattujen hyötyjen suhde vastaavasti diskontattuihin investointikustannuksiin (ml. kunnossapito, jäännösarvot ym.).
- Hankkeen sisäinen korko: Korkokanta, jolla diskontattuna hyöty/kustannussuhde on yksi.

Tässä käsitellään yhteenlaskettuja kevyiden ja raskaiden autojen ajoneuvo-, aika ja onnettomuuskustannuksia (Mmk). Käytetty diskonttauskaava pätee 6 %:n mukaan 20 vuodelle 5 vuoden välein tunnetuille vuosikustannuksille.

Esimerkiksi ajoneuvokustannukset, 0-vaihtoehto, kevyet autot:
 $Ank=2,5 \cdot 21,3+3,67 \cdot 24,8+2,69 \cdot 28,8+1,98 \cdot 30,3+0,73 \cdot 31,8= 304,9$ Mmk

	0-ve	Ve 1 uusi	Ve 1 vanha	Ve 1 yhteensä	Säästö
Ank _{kev}	304,9	222,6	60,3	282,9	22,0
Ank _{rask}	225,3	161,2	44,3	205,5	19,8
Yhteensä	530,2	383,8	104,6	488,4	41,8
Aik _{kev}	248,1	137,1	46,9	184,0	64,1
Aik _{rask}	138,8	90,2	26,1	116,3	22,5
Yhteensä	386,9	227,3	73,0	300,3	86,6
Onk	86,3	40,9	17,1	58,0	28,3
Yhteensä	1003,4	652,0	194,7	846,7	156,7



Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä

1. Menetelmän erot käsinlaskentamenetelmään verrattuna

Menetelmä eroaa käsinlaskentamenetelmästä lähinnä matkanopeuden määrittämisessä. Laskennat tehdään lisäksi neljälle eri tuntiliikenneluokalle, joiden osuudet määrätään tuntijärjestyskäyrien avulla. Menetelmällä ajoneuvokustannukset on määritettävissä käsinlaskentamenetelmää tarkemmin etenkin ruuhkautuvilla tieosilla. Laskennan vaatimien useiden välitulosten takia laskennat on hyvä kerätä sopiviin taulukoihin, joissa on tilaa eri linkeille, tyyppiautoille, tarkastelutunneille ja tarkasteluvuosille.

2. Lähtötiedot

Lähtötietoina tarvitaan käsinlaskentamenetelmän tietojen lisäksi tuntijärjestyskäyrältä tarkastelutuntien liikenteen osuudet keskivuorokausiliikenteestä, sekä niiden välisten tuntien suoriteosuudet vuosisuoritteesta.

3. Tuntiliikenteet

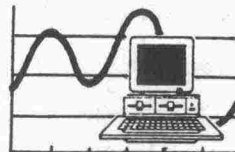
Tuntiliikenteet määritetään neljälle eri tarkastelutunnille (1., 100., 1000. ja 8760. tunti). Samalla määritetään vuoden 1.-100., 101.-1000. ja 1001.-8760. tuntien liikenteen suoriteosuudet vuosisuoritteesta. Nämä saadaan esim. konelaskentapisteiden tuloksista tai kuvan 1 tyypillisistä tuntijärjestyskäyristä.

4. Matkanopeus

Matkanopeus vapaissa ajo-oloissa määritetään kuten käsinlaskentamenetelmässä.

Eri liikennetilanteiden nopeuksien määrittämiseksi muodostetaan tarkasteltaville linkeille nopeuskuvaajat. Ne voidaan tehdä kuvien 2 ja 3 mukaisille lomakkeille määrittämällä nopeuskuvaajan piirtämisessä tarvittavat pisteet:

- Kevyen auton nopeus liikennemäärän ollessa vähäinen
- Kevyen auton nopeuskuvaajan taitepisteen liikennemäärä ja sitä vastaava nopeus
- Linkin välityskyky ja sitä vastaava nopeus
- Raskaan auton nopeus liikennemäärän ollessa vähäinen
- Raskaan auton nopeuskuvaajan taitepisteen nopeus.



Nopeuskuvaajat piirretään suoraviivaisina em. pisteiden välillä. Koska matkanopeus vapaissa oloissa on määritetty eri kaavoista kuin nopeuskuvaaja, voi syntyä tilanne, jossa nopeus kasvaisi liikenteen lisääntyessä (korjattava joko vapaata nopeutta tai nopeuskuvaajaa muuttamalla). Jos liikennemäärä vuoden vilkkaimpana tuntina ylittää nopeuskuvaajan taitepisteen liikennemäärän, saadaan tuntiliikenneluokkiin perustuvan menetelmän avulla käsinlaskentamenetelmää tarkemmat tulokset. Kuvien 2 ja 3 yläosien kaavoista on piirretty kuvien 4, 5 ja 6 nomogrammit, joita voidaan käyttää kaavojen sijasta.

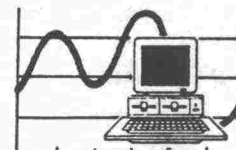
5. Ajoneuvokustannukset

Tarkastelutuntien liikenteille määritetään ajoneuvokustannukset kuten käsinlaskentamenetelmässä. Tuntiliikenneluokkien keskimääräiset ajoneuvokustannukset määritetään niitä rajoittavien tarkastelutuntien keskiarvona. Polttoaineenkulutus voidaan määrittää käsinlaskentamenetelmän yhteydessä esitetyistä taulukoista tai kuvien 7 ja 8 kaavoista.

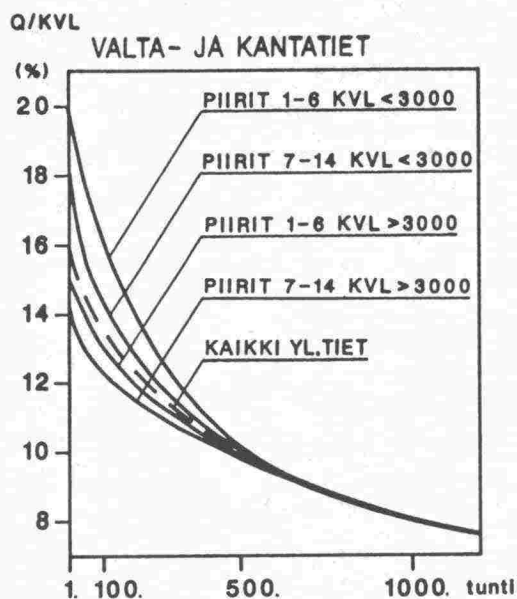
Vuotuiset ajoneuvokustannukset lasketaan tuntiliikenneluokkien keskimääräisistä kustannuksista painottamalla niitä liikennesuoriteosuuksilla.

6. Taloudelliset tunnusluvut

Taloudelliset tunnusluvut voidaan laskea vastaavasti kuin käsinlaskentamenetelmässä. Aikakustannusten on kuitenkin syytä olla määriteltynä vastaavalla tarkkuudella kuin ajoneuvokustannuksetkin.



Kuva 1. Tyypilliset tuntijärjestyskäyrät ja vastaavat ajosuoriteosuustaulukot



ETELÄ-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	20,0	1-100	4,4
100,	16,1	101-1000	24,3
1000,	8,1	1001-8760	71,3
8760,	0,5		100,0

ETELÄ-SUOMI KVL > 3000

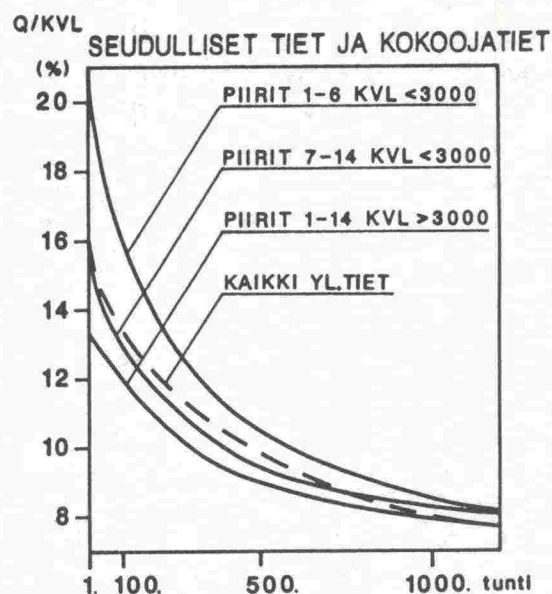
TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	15,0	1-100	3,6
100,	13,0	101-1000	21,4
1000,	7,9	1001-8760	75,0
8760,	0,5		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	18,1	1-100	4,0
100,	14,2	101-1000	23,6
1000,	8,1	1001-8760	72,4
8760,	0,3		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	14,5	1-100	3,4
100,	12,2	101-1000	21,4
1000,	7,9	1001-8760	75,2
8760,	0,4		100,0



ETELÄ-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	21,0	1-100	4,5
100,	15,8	101-1000	23,8
1000,	8,5	1001-8760	71,7
8760,	0,3		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL < 3000

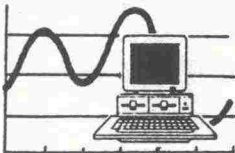
TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	16,0	1-100	3,5
100,	13,0	101-1000	21,9
1000,	8,3	1001-8760	74,6
8760,	0,4		100,0

KOKO SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	13,3	1-100	3,2
100,	11,9	101-1000	20,7
1000,	7,9	1001-8760	76,1
8760,	0,5		100,0

KAIKKI YLEISET TIET

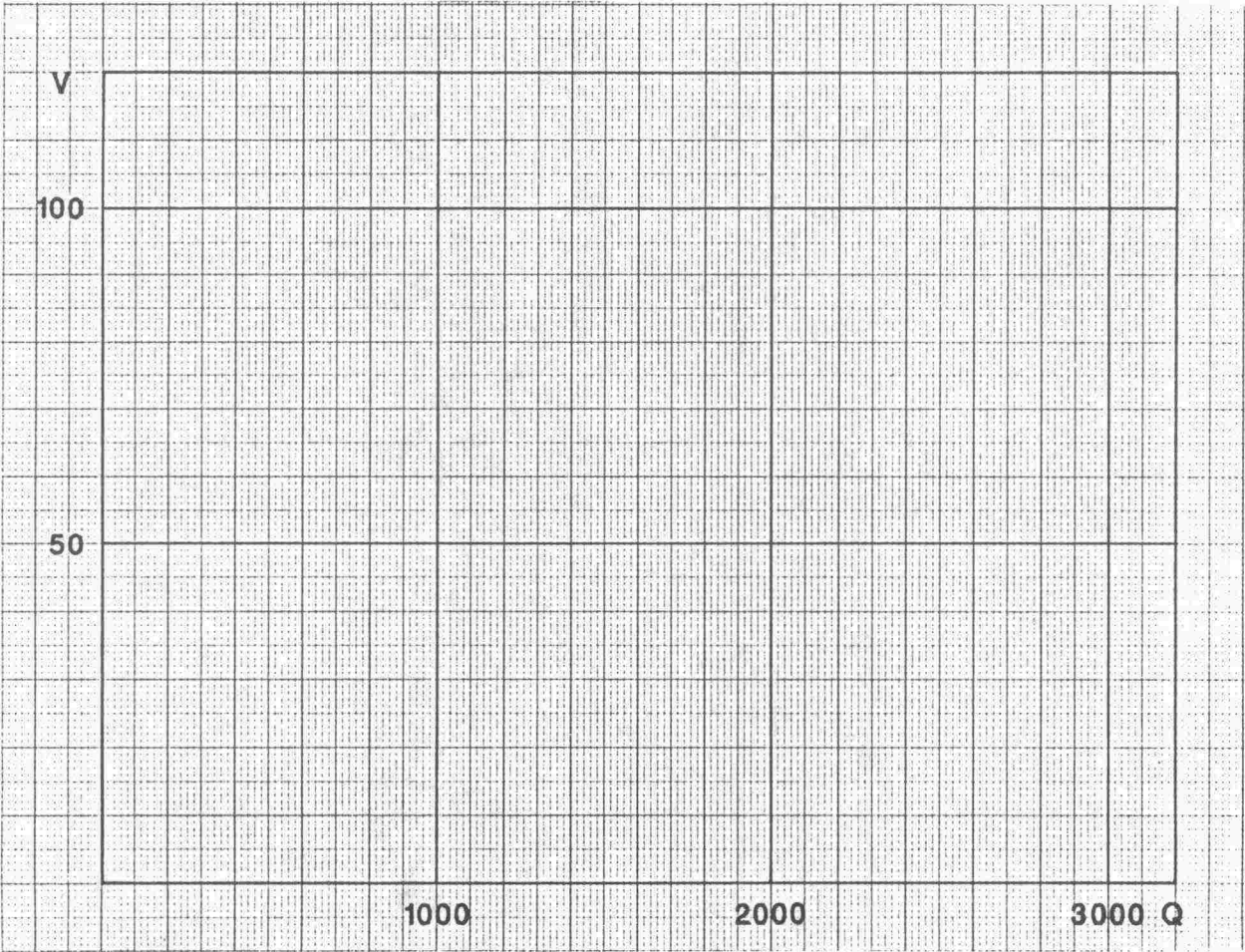
TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	16,0	1-100	3,7
100,	13,5	101-1000	22,3
1000,	8,0	1001-8760	74,0
8760,	0,4		100,0

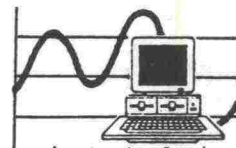


Kuva 2. Tuntiliikenne-keskinopeuskuvaajan laskeminen
Yksiajoratainen tie

NOPEUSRAJOITUS	R=	_____	km/h	LIITTYMÄTIHEYS kpl/km	
PÄÄLLYSTEEN LEVEYS	L=	_____	m	-ERITASO	*0.5= _____
MÄKISYYS	M=	_____	m/km	-YL. TIE	*1.0= _____
KAARTEISUUS	K=	_____	g/km	-PÄÄKATU	*1.2= _____
RASKAIDEN AUTOJEN OSUUS	P=	_____	%	-SIVUKATU	*0.8= _____
				-LIIK.VALO	*2.0= _____
				-YKS.TIE	*0.1= _____
				YHTEENSÄ	LT= _____
				(T-liittymät *0.7)	

PÄÄLLYSTEKORJAUS	PK=	_____
-(Ab 1.0, Ös 0.96, Sr 0.90)		
LIIKENNEVALOKORJAUS	LK= g/t*0.8=	_____
VÄLITYSKYKY	Qm= (400+210*L) / (1+P/100) *LK=	_____ autoa/h
TAITEPISTE	Qt= Qm*(70-13*LT)/100 =	_____
-(0.3*Qm <= Qt <= 0.7*Qm)	Qt=	_____ autoa/h
VAPAA NOPEUS, KEVYET		
Vk= (40+0.39*R-R*K/600+1.65*L*R/80) *PK=		_____ km/h
VAPAA NOPEUS, RASKAAT		
Vr= (85/(1+M/200)-LT) *PK =		_____
-(Vr <= Vk)	Vr=	_____ km/h
NOPEUS TAITEPISTEESSÄ	Vt=Vk-0.08*Vk*Qt/1000=	_____ km/h
-(Raskaalla liikenteellä <= Vr)	Vtr=	_____ km/h
NOPEUS MAKSIMIVIRRALLA	Vm= 0.33*Vk=	_____ km/h

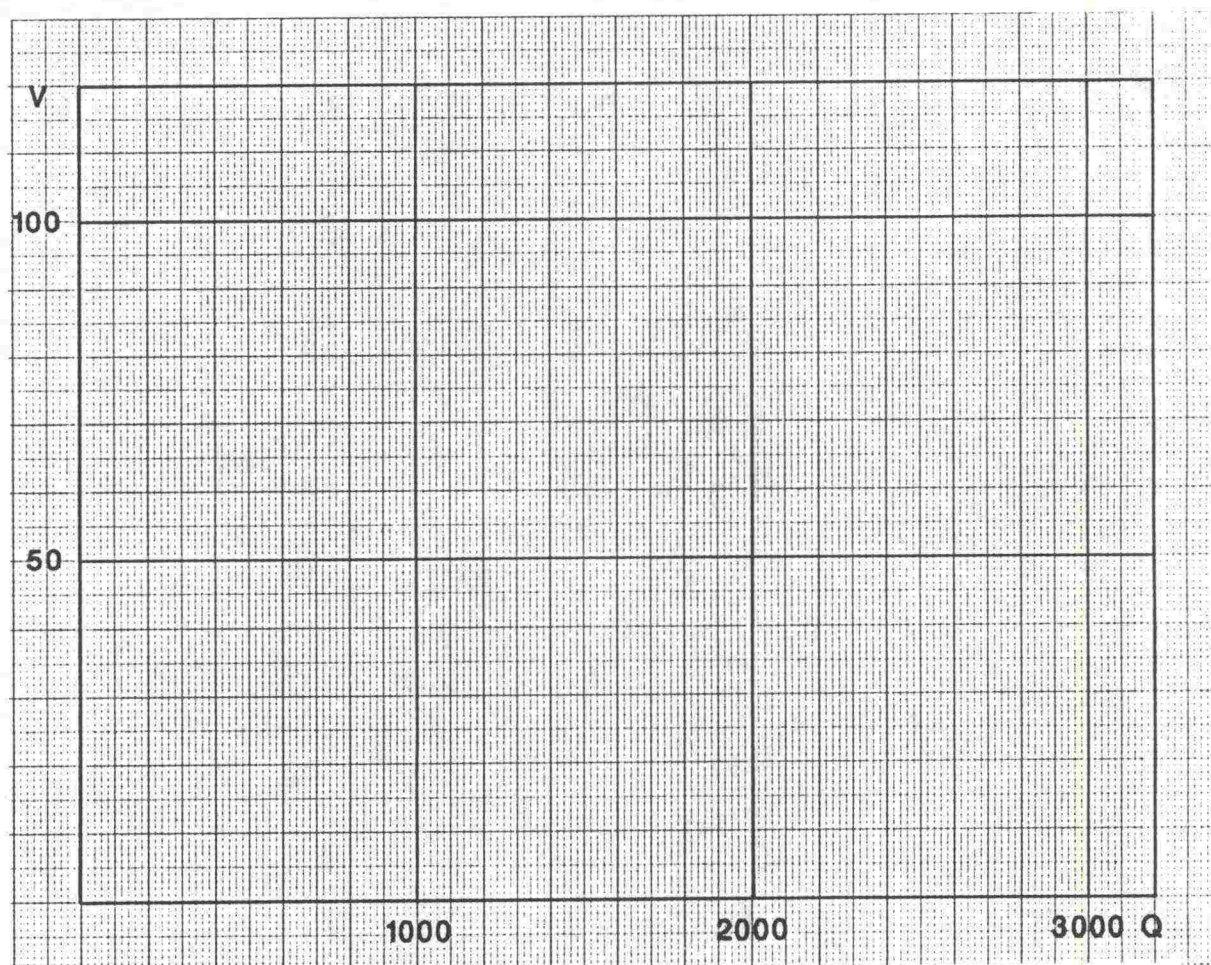


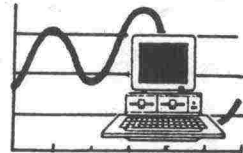


Kuva 3. Tuntiliikenne-keskinopeuskuvaajan laskeminen
Kaksiajoratainen tie

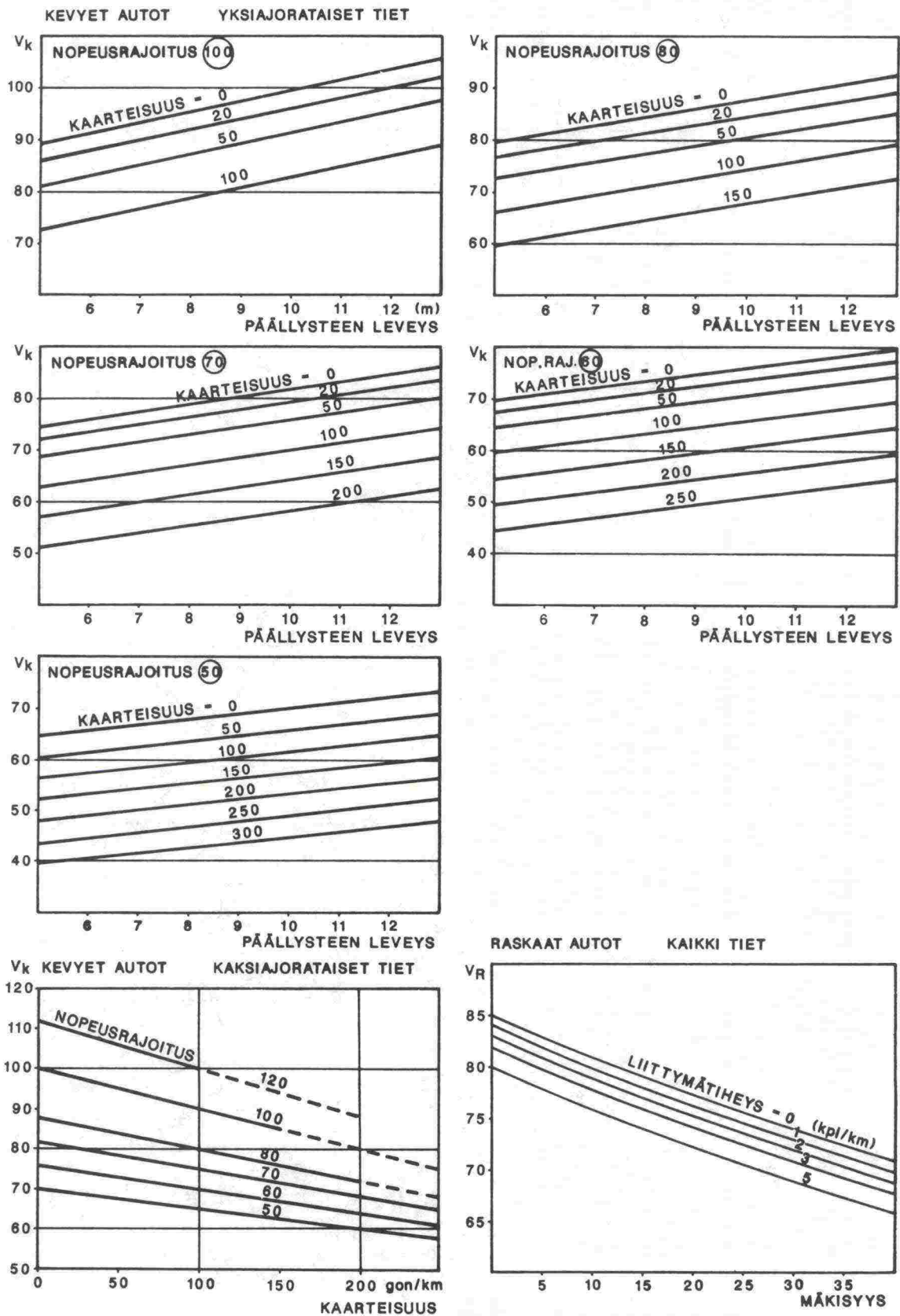
NOPEUSRAJOITUS	R=	km/h	LIITTYMÄTIHEYS kpl/km	
KAISTOJEN LUKUMÄÄRÄ	L=	m	-ERITASO	*0.5=
MÄKISYYS	M=	m/km	-YL. TIE	*1.0=
KAARTEISUUS	K=	g/km	-PÄÄKATU	*1.2=
RASKAIDEN AUTOJEN OSUUS P=	%		-SIVUKATU	*0.8=
			-LIIK.VALO	*2.0=
			-YKS.TIE	*0.1=
			YHTEENSÄ	LT=
			(T-liittymät *0.7)	

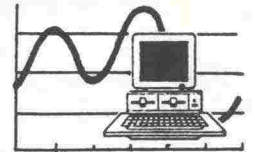
LIIKENNEVALOKORJAUS	LK= 0.64*g/t=	
VÄLITYSKYKY	Qm= 2200*N/(1+P/100)*LK=	autoa/h
TAITEPISTE	Qt= Qm*(70-13*LT)/100 =	
	-(0.3*Qm <= Qt <= 0.7*Qm)	Qt=
VAPAA NOPEUS, KEVYET	Vk=40+0.60*R-0.001*R*K=	km/h
VAPAA NOPEUS, RASKAAT	Vr= 85/(1+M/200)-LT =	
	-(Vr <= Vk)	Vr=
NOPEUS TAITEPISTEESSÄ	Vt= Vk-0.08*Vk*Qt/(N*1000)=	km/h
	-(Raskaalla liikenteellä <= Vr)	Vtr=
NOPEUS MAKSIMIVIRRALLA	Vm= 0.33*Vk =	km/h



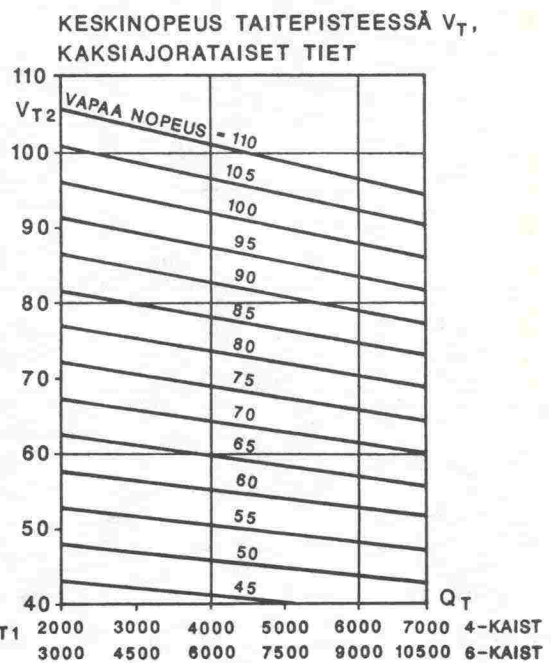
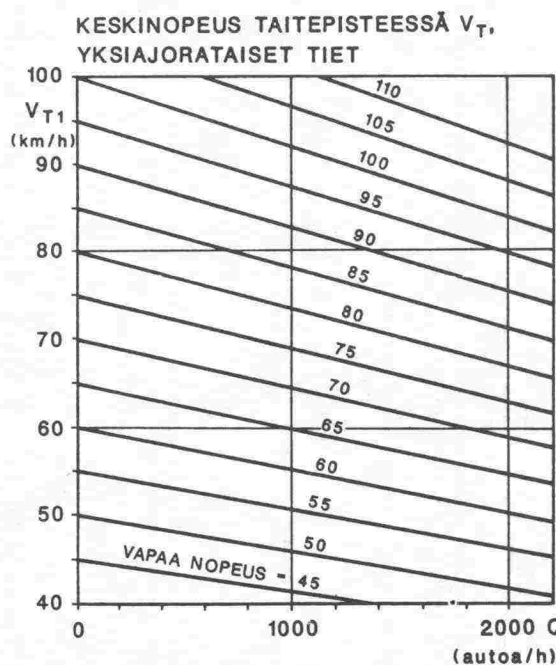
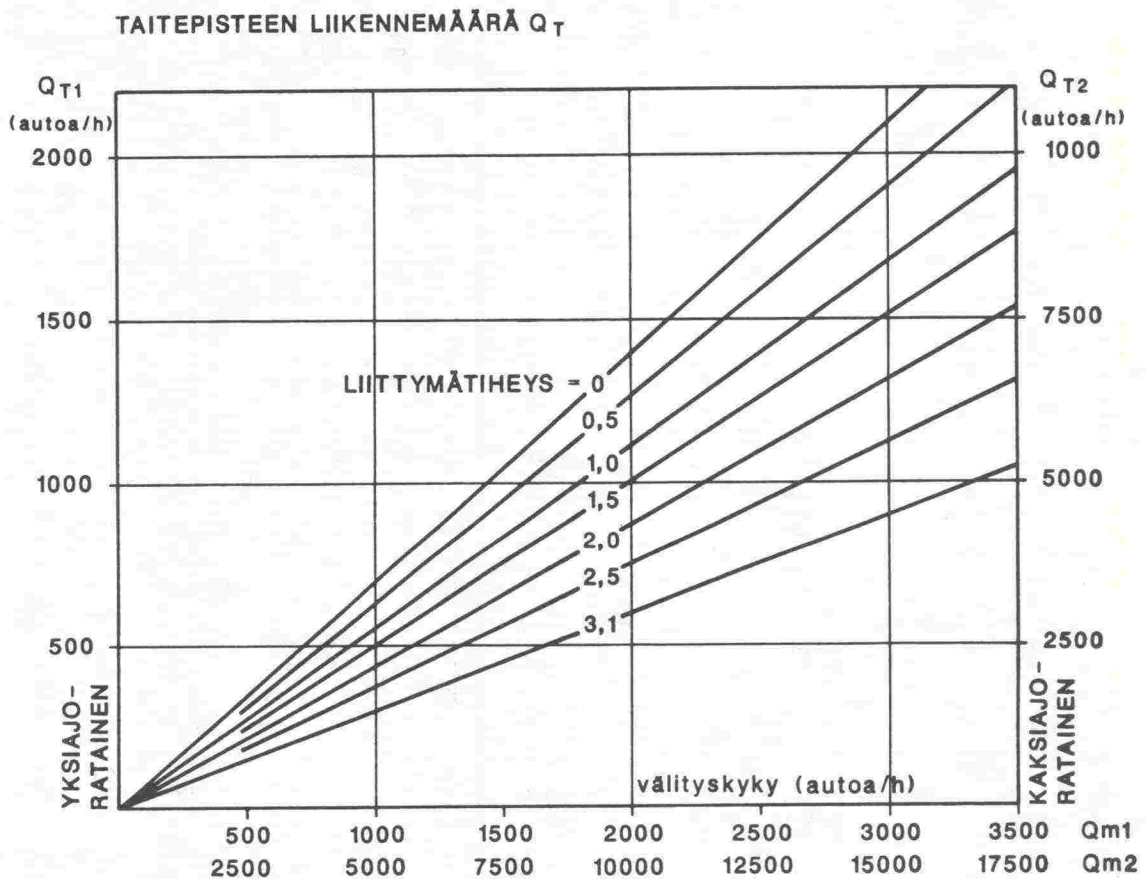


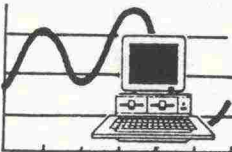
Kuva 4. Vapaan matkanopeuden määrittäminen



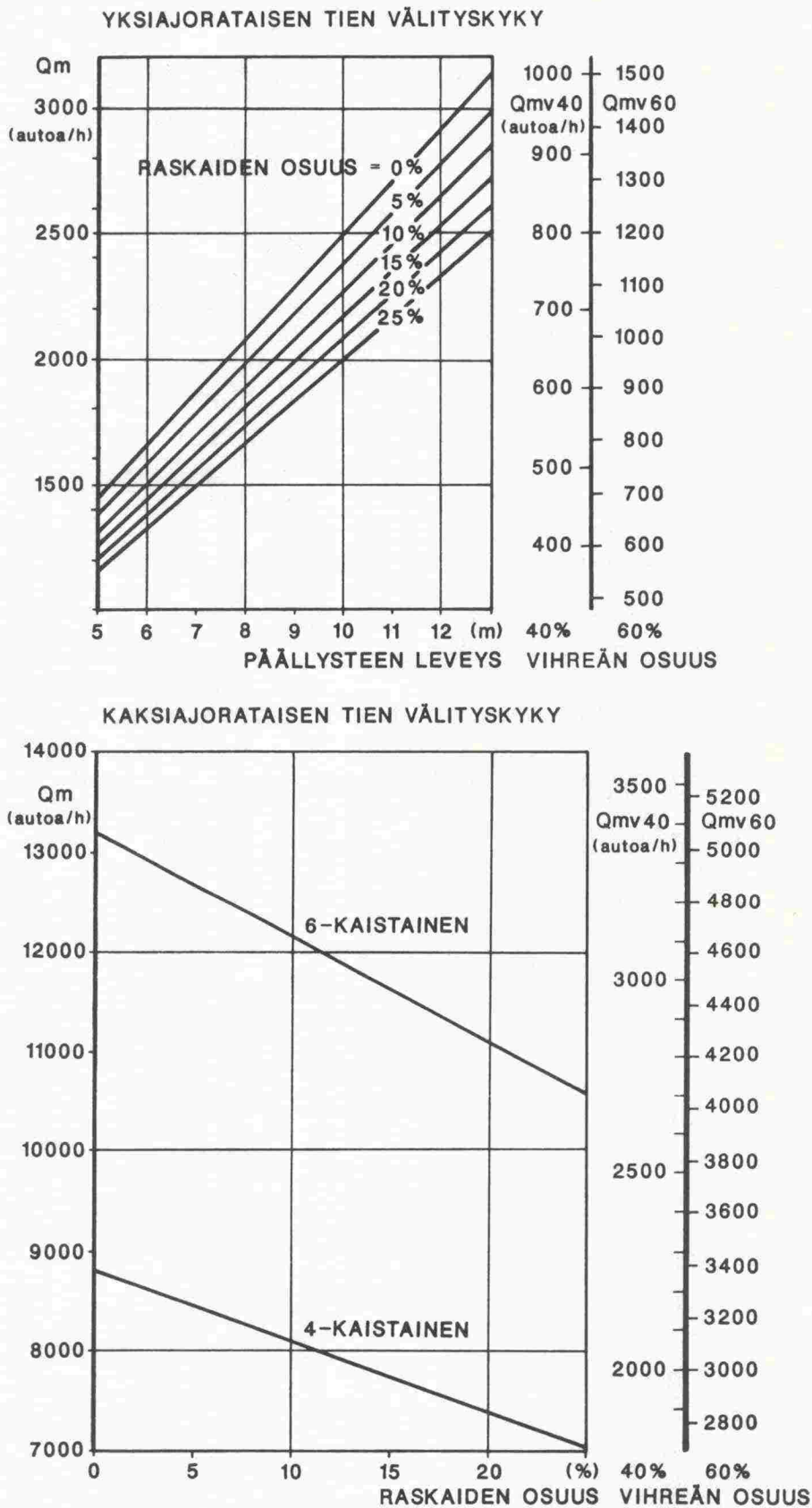


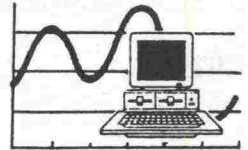
Kuva 5. Nopeuskuvaajan taitepisteen määrittäminen





Kuva 6. Välityskyvyn määrittäminen





Kuva 7. Kustannusmallit kevyille autoille

- A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$A_{ha}/2=11.5$$

$$A_{pa}/2=41.9$$

$$A_{kev}/2=14.5$$

- B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$A_{ha}/2=11.5$$

$$A_{pa}/2=41.9$$

$$A_{kev}/2=14.5$$

- C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$B_{ha}=39.1$$

$$B_{pa}=49.6$$

$$B_{kev}=40.1$$

- D. Vertailunopeus- ja kulutus

$$v_0=80 \text{ km/h}$$

$$p_{0ha}=8 \text{ l/100 km}$$

$$p_{0pa}=11$$

$$p_{0kev}=8.3$$

- E. Polttoaineenkulutusmallit (l/100 km)

$$p_{ha}= 9.22-0.084V+0.000701V^2+0.2339dV+0.007241dV^2-0.004802dV \cdot V \\ +0.00002070dV \cdot V^2-0.0001030dV^2 \cdot V+0.0000003903dV^2 \cdot V^2$$

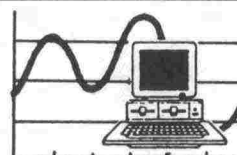
$$p_{pa}= 12.22-0.084V+0.000701V^2+0.2339dV+0.007241dV^2-0.004802dV \cdot V \\ +0.00002070dV \cdot V^2-0.0001030dV^2 \cdot V+0.0000003903dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{kev}= 9.52-0.084V+0.000701V^2+0.2339dV+0.007241dV^2-0.004802dV \cdot V \\ +0.00002070dV \cdot V^2-0.0001030dV^2 \cdot V+0.0000003903dV^2 \cdot V^2$$

(V=keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV=nopeusalenema)

- F. Kustannusmalli (p/km)

$$Ank=A/2+v_0/vA/2+p/p_0B$$



Kuva 8. Kustannusmallit raskaille autoille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 81.6 \\ A_{kaip}/2 &= 91.7 \\ A_{kapp}/2 &= 89.8 \\ A_{katp}/2 &= 80.8 \\ A_{ka}/2 &= 87.0 \\ A_{rask}/2 &= 86.0 \end{aligned}$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 81.6 \\ A_{kaip}/2 &= 91.7 \\ A_{kapp}/2 &= 89.8 \\ A_{katp}/2 &= 80.8 \\ A_{ka}/2 &= 87.0 \\ A_{rask}/2 &= 86.0 \end{aligned}$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} B_{la} &= 142.1 \\ B_{kaip} &= 142.7 \\ B_{kapp} &= 154.9 \\ B_{katp} &= 178.2 \\ B_{ka} &= 158.6 \\ B_{rask} &= 155.6 \end{aligned}$$

D. Vertailunopeus- ja kulutus

$$\begin{aligned} v_0 &= 70 \text{ km/h} \\ p_{0la} &= 30 \\ p_{0kaip} &= 26 \\ p_{0kapp} &= 37 \\ p_{0katp} &= 43 \\ p_{0ka} &= 34 \\ p_{0rask} &= 33.3 \end{aligned}$$

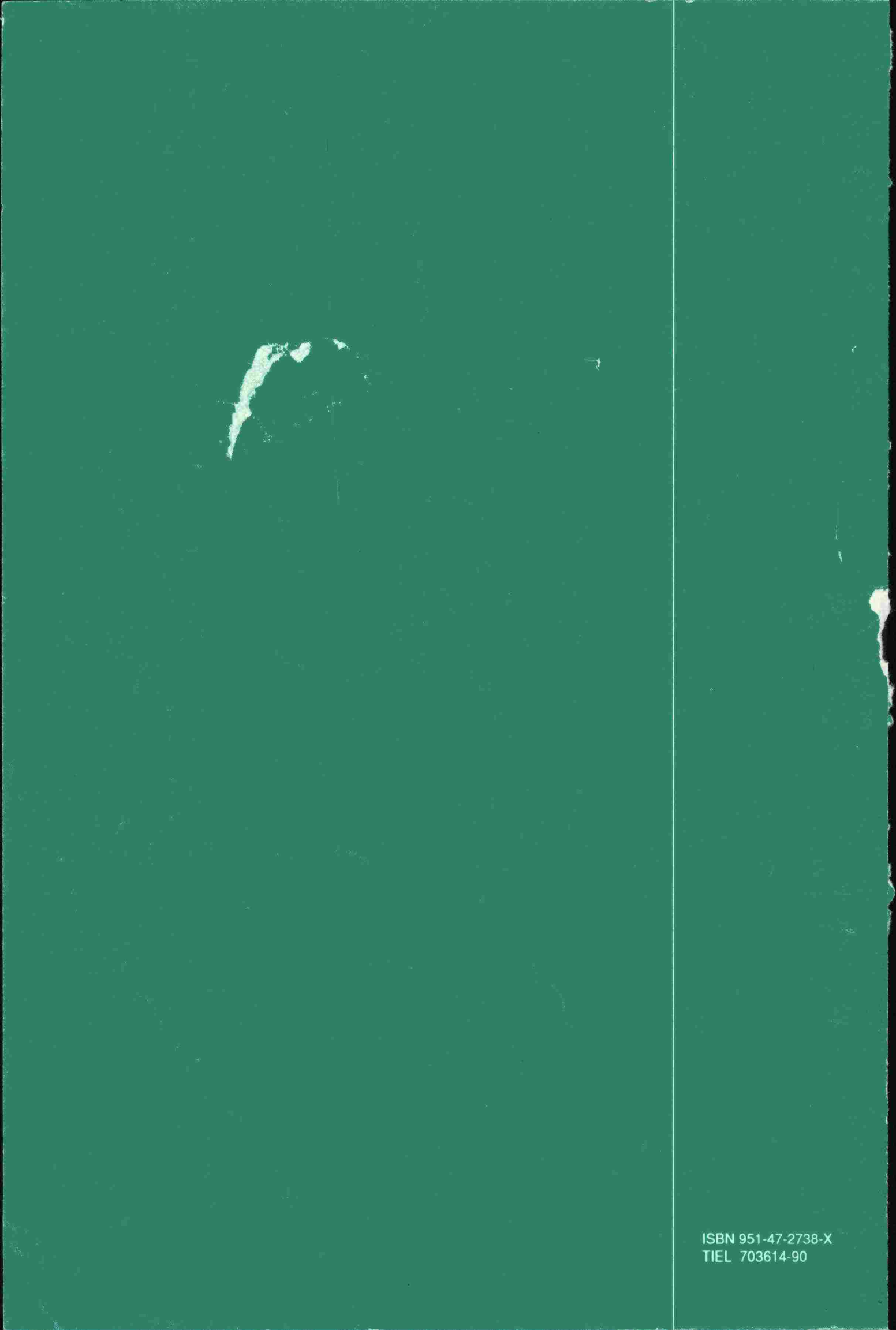
E. Polttoaineenkulutusmallit (l/100 km)

$$\begin{aligned} p_{la} &= 33.83 - 0.5251V + 0.004512V^2 + 1.796dV + 0.01873dV^2 - 0.03785dV \cdot V \\ &\quad + 0.0001863dV \cdot V^2 - 0.00008578dV^2 \cdot V - 0.0000006128dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kaip} &= 29.32 - 0.5251V + 0.004512V^2 + 1.796dV + 0.01873dV^2 - 0.03785dV \cdot V \\ &\quad + 0.0001863dV \cdot V^2 - 0.00008578dV^2 \cdot V - 0.0000006128dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kapp} &= 48.09 - 0.6553V + 0.005882V^2 + 1.255dV + 0.02685dV^2 - 0.007332dV \cdot V \\ &\quad - 0.00003271dV \cdot V^2 - 0.0006002dV^2 \cdot V + 0.000003408dV^2 \cdot V^2 \\ p_{katp} &= 55.89 - 0.6553V + 0.005882V^2 + 1.255dV + 0.02685dV^2 - 0.007332dV \cdot V \\ &\quad - 0.00003271dV \cdot V^2 - 0.0006002dV^2 \cdot V + 0.000003408dV^2 \cdot V^2 \\ p_{ka} &= 41.98 - 0.5902V + 0.005197V^2 + 1.526dV + 0.02279dV^2 - 0.02259dV \cdot V \\ &\quad + 0.00007681dV \cdot V^2 - 0.0003430dV^2 \cdot V + 0.000001398dV^2 \cdot V^2 \\ p_{rask} &= 40.51 - 0.5784V + 0.005074V^2 + 1.574dV + 0.02206dV^2 - 0.02534dV \cdot V \\ &\quad + 0.00009652dV \cdot V^2 - 0.0002967dV^2 \cdot V + 0.000001036dV^2 \cdot V^2 \end{aligned}$$

(V=keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV=nopeusalenema)

F. Kustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_0/vA/2 + p/p_0B$$



ISBN 951-47-2738-X
TIEL 703614-90